MICRO-EPSILON

Betriebsanleitung

capaNCDT 6500

CS005
CS02
CSH02
CSH02FL
CS05
CSE05
CSH05
CSH05FL
CS1
CSE1
CS08
CSH1
CSH1FL
CS1HP
CSH1,2
CSH1,2FL
CS2
CSE2
CSH2
CSH2FL
CS3
CS5
CS10
CSG0,50-CAm2,0
CSG1,00-CAm2,0

MICRO-EPSILON
MESSTECHNIK
GmbH & Co. KG
Königbacher Strasse 15

D-94496 Ortenburg

Tel. +49/8542/168-0
Fax +49/8542/168-90
e-mail info@micro-epsilon.de
www.micro-epsilon.de

Zertifiziert nach DIN EN ISO 9001: 2008

EtherCAT® is registered trademark and patented technology, licensed by Beckhoff Automation GmbH, Germany.

Inhalt

1. Sicherheit ... 5
1.1 Verwendete Zeichen ... 5
1.2 Warnhinweise ... 5
1.3 Hinweise zur CE-Kennzeichnung ... 5
1.4 Bestimmungsgemäße Verwendung ... 6
1.5 Bestimmungsgemäßes Umfeld ... 6

2. Funktionsprinzip, Technische Daten ... 7
2.1 Messprinzip ... 7
2.2 Aufbau ... 7
2.2.1 Sensoren ... 8
2.2.2 Sensorkabel ... 9
2.2.3 Vorverstärker (nur DL6510) ... 9
2.2.4 Vorverstärkerkabel (nur für DL6510) ... 9
2.2.5 Controllergehäuse ... 10
2.2.6 Oszillator ... 10
2.2.7 DD6530 Displayeinschub mit Ethernetschnittstelle ... 11
2.2.8 Demodulator ... 11
2.3 Technische Daten ... 12

3. Lieferung ... 13
3.1 Lieferumfang ... 13
3.2 Lagerung ... 13

4. Installation und Montage ... 14
4.1 Vorsichtsmaßnahmen ... 14
4.2 Sensor ... 14
4.2.1 Radiale Punktklemmung mit Madenschraube, zylindrische Sensoren ... 14
4.2.2 Umfangsklemmung, zylindrische Sensoren ... 14
4.2.3 Flachsensoren ... 14
4.2.4 Maßzeichnungen Sensoren ... 15
4.3 Sensorkabel ... 18
4.4 Vorverstärker CP6001 und CPM6011 ... 19
4.5 Vorverstärkerkabel CAx ... 20
4.6 Controller ... 20
4.7 Masseverbindung, Erdung ... 21
4.8 Anschlussbelegung ... 22
4.9 Synchronisation ... 23

5. Bedienung ... 24
5.1 Inbetriebnahme ... 24
5.2 Bedien- und Anzeigeelemente ... 24
5.2.1 DT6530 ... 24
5.2.2 DD6530 ... 24
5.2.3 DO6510 ... 25
5.2.4 DL6530/ DL6510 ... 26
5.3 Kalibrierung mit metallischen Messobjekten ... 28
5.4 Linearitätsabgleich und Kalibrierung mit isolierenden Messobjekten ... 29
5.5 Triggerung ... 31
5.6 Synchronisation ... 31

6. Ethernetschnittstelle ... 32
6.1 Hardware, Schnittstelle ... 32
6.2 Datenformat der Messwerte ... 34
6.3 Einstellungen ... 34
6.4 Befehle ... 35
6.4.1 Datenrate (SRA = Set Sample Rate) ... 36
6.4.2 Triggermodus (TRG) ... 36
6.4.3 Messwert holen (GMD = Get Measured Data) ... 37
6.4.4 Mittelungsart (AVT = Averaging Type) ... 37
6.4.5 Mittelungszahl (AVN = Averaging Number) ... 38
6.4.6 Kanalstatus (CHS = Channel Status) ... 38
6.4.7 Kanäle übertragen (CHT = Channel Transmit) ... 38
6.4.8 Linearisierungsart (LIN) ... 39
6.4.9 Linearisierungspunkt setzen (SLP = Set Linearisation Point) ... 39
6.4.10 Linearisierungspunkt abfragen (GLP = Get Linearisation Point) ... 40
6.4.11 Status (STS) ... 40
6.4.12 Version (VER) ... 40
6.4.13 Displayeinstellungen (DIS): ... 40

6.4.14 Werkseinstellung laden (FDE) ... 41
6.4.15 Mathematikfunktion setzen (SMF = Set Mathematic Function) ... 41
6.4.16 Mathematikfunktion abfragen (GMF = Get Mathematic Function) ... 42
6.4.17 Mathematikfunktion löschen (CMF = Clear Mathematic Function) ... 42
6.4.18 Etherneteinstellungen (IPS=IP-Settings) ... 43
6.4.19 Zwischen Ethernet und EtherCAT wechseln (IFC=Interface) ... 43
6.4.20 Datenport abfragen (GDP = Get Dataport) ... 43
6.4.21 Datenport setzen (SDP=Set Dataport) ... 43
6.4.22 Kanalinformationen abrufen (CHI = Channel info) ... 43
6.4.23 Controllerinformationen abrufen (COI = Controller info) ... 44
6.4.24 Login für Webinterface (LGI = Login) ... 44
6.4.25 Logout für Webinterface (LGO = Logout) ... 44
6.4.26 Passwort Ändern (PWD = Password) ... 44
6.4.27 Sprache für das Webinterface ändern (LNG = Language) ... 44
6.4.28 Messbereichsinformation in Kanal schreiben (MRA = Measuring Range) ... 44
6.4.29 Fehlermeldungen ... 45
6.5 Bedienung mittels Ethernet ... 46
6.5.1 Voraussetzungen ... 46
6.5.2 Zugriff über Webinterface ... 47

7. EtherCAT-Schnittstelle ... 48
7.1 Einleitung ... 48
7.2 Wechsel der Schnittstelle ... 48

8. Betrieb und Wartung ... 49

9. Haftung für Sachmängel ... 49

10. Außerbetriebnahme, Entsorgung ... 49

Anhang ... 50

A 1 Optionales Zubehör ... 50

A 2 Serviceleistungen ... 51

A 3 Werkseinstellung ... 51

A 4 Einfluss von Verkippung des kapazitiven Sensors ... 51
A 4.1 Messung auf schmale Messobjekte ... 51
A 4.2 Messung auf Kugeln und Wellen ... 52

A 5 EtherCAT-Dokumentation ... 53
A 5.1 Einleitung ... 53
A 5.1.1 Struktur von EtherCAT®-Frames ... 53
A 5.1.2 EtherCAT®-Dienste ... 53
A 5.1.3 Adressierverfahren und FMMUs ... 54
A 5.1.4 Sync Manager ... 54
A 5.1.5 EtherCAT-Zustandsmaschine ... 55
A 5.1.6 CANopen über EtherCAT ... 55
A 5.1.7 Prozessdaten PDO-Mapping ... 55
A 5.1.8 Servicedaten SDO-Service ... 56
A 5.2 CoE – Objektverzeichnis ... 56
A 5.2.1 Kommunikationsspezifische Standard-Objekte (CiA DS-301) ... 56
A 5.2.2 Herstellerspezifische Objekte ... 57
A 5.3 Messdatenformat ... 60
A 5.4 EtherCAT-Konfiguration mit dem Beckhoff TwinCAT©-Manager ... 60

A 6 Dickenmessung ... 63
A 6.1 Allgemein ... 63
A 6.2 Sensor-Messbereiche definieren ... 63
A 6.3 Datenformat, Wortlänge ... 64
A 6.4 Mathematikfunktion setzen ... 64
A 6.5 Interpretierung der Messwerte ... 65
A 6.6 Beispiel ... 65

1. Sicherheit

Die Systemhandhabung setzt die Kenntnis der Betriebsanleitung voraus.

1.1 Verwendete Zeichen

In dieser Betriebsanleitung werden folgende Bezeichnungen verwendet:

⚠ VORSICHT	Zeigt eine gefährliche Situation an, die zu geringfügigen oder mittelschweren Verletzungen führt, falls diese nicht vermieden wird.
HINWEIS	Zeigt eine Situation an, die zu Sachschäden führen kann, falls diese nicht vermieden wird.
➪	Zeigt eine ausführende Tätigkeit an.
i	Zeigt einen Anwendertipp an.
Messung	Zeigt eine Hardware oder eine Schaltfläche/Menüeintrag in der Software an.

1.2 Warnhinweise

⚠ VORSICHT

Unterbrechen Sie die Spannungsversorgung, bevor Sie die Sensoroberfläche berühren.
> Verletzungsgefahr durch statische Entladung

Schließen Sie die Spannungsversorgung und das Anzeige-/Ausgabegerät nach den Sicherheitsvorschriften für elektrische Betriebsmittel an.
> Verletzungsgefahr

> Beschädigung oder Zerstörung des Sensors und/oder des Controllers

HINWEIS

Vermeiden Sie Stöße und Schläge auf den Sensor und den Controller.
> Beschädigung oder Zerstörung des Controllers und/oder Sensors

Schützen Sie die Kabel vor Beschädigung.
> Ausfall des Messgerätes

Stecken Sie während des Betriebes Einschübe nicht ein oder aus.
> Beschädigung oder Zerstörung der Einschübe im Controller

1.3 Hinweise zur CE-Kennzeichnung

Für das Messsystem capaNCDT Serie 6500 gilt:

- EU-Richtlinie 2004/108/EG
- EU-Richtlinie 2006/95/EG
- EU-Richtlinie 2011/65/EU, „RoHS“, Kategorie 9

Produkte, die das CE-Kennzeichen tragen, erfüllen die Anforderungen der zitierten EU-Richtlinien und die dort aufgeführten harmonisierten europäischen Normen (EN). Die EU-Konformitätserklärung wird gemäß der EU-Richtlinie, Anhang II, für die zuständige Behörde zur Verfügung gehalten bei

MICRO-EPSILON MESSTECHNIK
GmbH & Co. KG
Königbacher Straße 15
94496 Ortenburg / Deutschland

Das Messsystem ist ausgelegt für den Einsatz im Industriebereich und erfüllt die Anforderungen gemäß den Normen

- EN 61326-1: 2006-10
- EN 61326-2-3: 2007-05
- EN 61000-3-2: 2006-10
- EN 61000-3-3-: 2002-05
- EN 61010-1: 2002-08

Der Sensor erfüllt die Anforderungen, wenn bei Installation und Betrieb die in der Betriebsanleitung beschriebenen Richtlinien eingehalten werden.

1.4 Bestimmungsgemäße Verwendung

Das Messsystem Serie 6500 ist für den Einsatz im Industrie- und Laborbereich konzipiert. Es wird eingesetzt zur

- Weg-, Abstands-, Profil-, Dicken- und Oberflächenmessung
- Qualitätsüberwachung und Dimensionsprüfung

Das Messsystem darf nur innerhalb der in den technischen Daten angegebenen Werte betrieben werden, siehe Kap. 2.3.
Setzen Sie das Messsystem so ein, dass bei Fehlfunktionen oder Totalausfall des Sensors keine Personen gefährdet oder Maschinen beschädigt werden. Treffen Sie bei sicherheitsbezogenener Anwendung zusätzlich Vorkehrungen für die Sicherheit und zur Schadensverhütung.

1.5 Bestimmungsgemäßes Umfeld

- Schutzart Sensor, Sensorkabel, Vorverstärker: IP 54 (gilt nur bei angeschlossenem Sensorkabel)
- Schutzart Controller: IP 40
- Raum zwischen Sensoroberfläche und Messobjekt muss eine konstante Dielektrizitätszahl haben
- Raum zwischen Sensoroberfläche und Messobjekt darf nicht verschmutzt sein (zum Beispiel Wasser, Abrieb, Staub, et cetera)
- Betriebstemperatur
  - Sensor: -50 ... +200 °C
  - Sensorkabel: -50 ... +200 °C
  - Controller, Vorverstärker: +10 ... +60 °C
- Luftfeuchtigkeit: 5 - 95 % (nicht kondensierend)
- Umgebungsdruck: Atmosphärendruck
- EMV: Gemäß
  - EN 61326-1: 2006-10
  - EN 61326-2-3: 2007-05
  - EN 61000-3-2: 2006-10
  - EN 61000-3-3-: 2002-05
  - EN 61010-1: 2002-08
- Lagertemperatur: -10 ... +75 °C

2. Funktionsprinzip, Technische Daten

2.1 Messprinzip

Das Prinzip der kapazitiven Abstandsmessung mit dem System capaNCDT basiert auf der Wirkungsweise des idealen Plattenkondensators. Bei leitenden Messobjekten bilden der Sensor und das gegenüberliegende Messobjekt die beiden Plattenelektroden.

Durchfließt ein Wechselstrom mit konstanter Amplitude den Sensorkondensator, so ist die Amplitude der Wechselspannung am Sensor dem Abstand der Kondensatorelektroden direkt proportional. Die Wechselspannung wird gleichgerichtet, verstärkt und als Analog- und Digitalsignal ausgegeben.

Das System capaNCDT wertet den Blindwiderstand X_c des Plattenkondensators aus, der sich streng proportional mit dem Abstand ändert:

$$X_C = \frac{1}{j\omega C} \; ; \; \text{Kapazität } C = \varepsilon_O \, \varepsilon_r \, \frac{\text{Fläche}}{d}$$

Dieser theoretische Zusammenhang wird durch den Aufbau der Sensoren als Schutzringkondensatoren in der Praxis nahezu ideal verwirklicht.

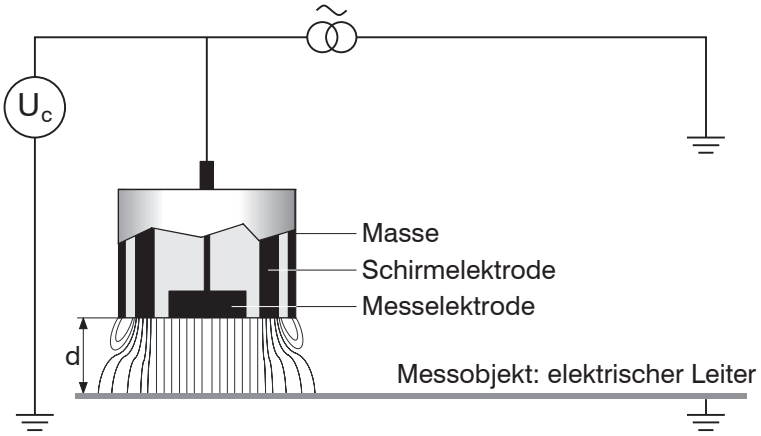


Abb. 1 Aufbau eines kapazitiven Sensors

Die lineare Charakteristik des Messsignals erreicht man bei Messungen gegen Messobjekte aus elektrisch leitenden Werkstoffen (Metallen) ohne eine zusätzliche elektronische Linearisierung. Geringfügige Änderungen der Leitfähigkeit oder der magnetischen Eigenschaften wirken sich nicht auf die Empfindlichkeit oder Linearität aus.

i Ein zu kleines Messobjekt und gekrümmte (unebene) Messflächen bewirken eine nichtlineare Kennlinie.

Gleichzeitig misst das DT6530 auch zuverlässig und genau gegen Isolatorwerkstoffe. Dies wird durch eine spezielle elektronische Beschaltung und einen Abgleich erreicht, wenn gleichzeitig die relative Dielektrizitätskonstante des Werkstoffs konstant bleibt.

2.2 Aufbau

Das Mehrkanalsystem DT6530 setzt sich zusammen aus:

- Elektronikgehäuse mit Netzteil, Display, Ethernet, Oszillator und Analogausgang.
- Demodulatoreinschub (DL6510 beziehungsweise DL6530)
- Vorverstärker CP6001 oder CPM6011 (nur für DL6510 nötig)
- Vorverstärkerkabel (nur für DL6510 nötig)
- Sensorkabel
- Sensor

Die Demodulatoreinschübe stehen in zwei Systemausführungen zur Verfügung:

- DL6530: Signalaufbereitungselektronik mit integriertem Vorverstärker, Abstand zwischen Sensor und Controller: 1 m
- DL6510: Signalaufbereitungselektronik mit externem Vorverstärker, Abstand zwischen Sensor und Controller: bis 40 m

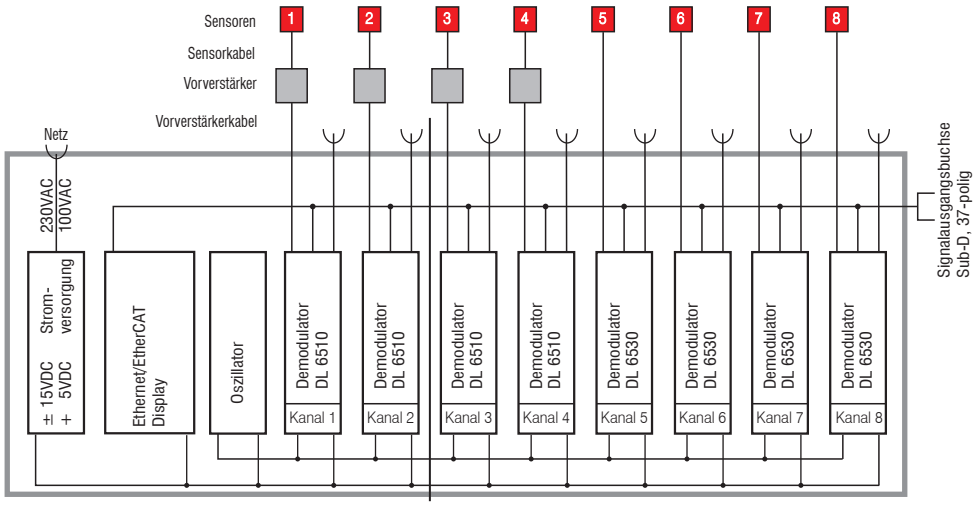


Abb. 2 Blockschaltbild DT6530c (2 Kanäle) und Blockschaltbild DT6530 (8 Kanäle)

2.2.1 Sensoren

Für das Messsystem können verschiedene Sensoren verwendet werden. Zur Erzielung genauer Messergebnisse ist die Sensorstirnfläche unbedingt sauber zu halten und eine Beschädigung auszuschließen.

Das kapazitive Messverfahren ist flächengebunden. Je nach Sensormodell und Messbereich wird eine Mindestfläche benötigt (siehe Tabelle). Bei Isolatoren spielen außerdem Dielektrizitätskonstante und Messobjektdicke eine wichtige Rolle.

Sensoren für metallische Messobjekte

Sensormodell	Messbereich	Min. Durchmesser Messobjekt
CS005	0,05 mm	3 mm
CS02	0,2 mm	5 mm
CS05	0,5 mm	7 mm
CS08	0,8 mm	9 mm
CS1	1 mm	9 mm
CS1HP	1 mm	9 mm
CS2	2 mm	17 mm
CS3	3 mm	27 mm
CS5	5 mm	37 mm
CS10	10 mm	57 mm
CSE05	0,5 mm	6 mm
CSE1	1 mm	8 mm
CSE2	2 mm	14 mm
CSG0,50-CAm2,0	0,5 mm	ca. 7 x 8 mm
CSG1,00-CAm2,0	1 mm	ca. 8 x 9 mm
CSH02	0,2 mm	7 mm
CSH05	0,5 mm	7 mm
CSH1	1 mm	11 mm
CSH1,2	1,2 mm	11 mm
CSH2	2 mm	17 mm
CSH02FL	0,2 mm	7 mm
CSH05FL	0,5 mm	7 mm
CSH1FL	1 mm	11 mm
CSH1,2FL	1,2 mm	11 mm
CSH2FL	2 mm	17 mm

Sensoren für isolierende Messobjekte

Die Sensoren können auch für Messungen gegen isolierende Messobjekte verwendet werden. Entsprechend, siehe Kap. 5.4, ist für diesen Fall eine Dreipunkt-Linearisierung erforderlich. Die Messbereiche der jeweiligen Sensoren sind vom ε_r des jeweiligen Messobjekts abhängig.

2.2.2 Sensorkabel

Modell	x = Kabellänge	2 gerade Stecker	1x gerade + 1x 90 °	für Sensoren	Min. Biegeradius	
					statisch	dynamisch
CCxC	1/2/3 oder 4 m	•		0,05 - 0,8 mm	10 mm	38 mm
CCxC/90	1/2/3 oder 4 m		•	0,05 - 0,8 mm		
CCxB	1/2/3 oder 4 m	•		1 ... 10 mm		
CCxB/90	1/2/3 oder 4 m		•	1 ... 10 mm		
CCmxC	1,4/2,8 oder 4,2 m	•		0,05 - 0,8 mm	7 mm	15 mm
CCmxC/90	1,4/2,8 oder 4,2 m		•	0,05 - 0,8 mm		
CCmxB	1,4/2,8 oder 4,2 m	•		1 ... 10 mm		
CCmxB/90	1,4/2,8 oder 4,2 m		•	1 ... 10 mm		

HINWEIS

Sensorkabel nicht quetschen, nicht ändern.

Beides führt zu einem Verlust der Funktionalität.

Verlegen Sie das Sensorkabel in einem geschütztem Bereich.

Sensor und Controller beziehungsweise Sensor und Vorverstärker sind mit einem speziellen, doppelt geschirmten 1 m langen Sensorkabel verbunden. Sensorkabellängen bis 4 m bzw. 4,2 m sind mit einer Zusatzabstimmung des Controllers möglich. Diese speziellen Sensorkabel dürfen vom Anwender nicht gekürzt oder verlängert werden. Ein beschädigtes Kabel kann nicht repariert werden.

i Schalten Sie das Gerät aus, wenn Sie die Kabelverbindung lösen oder verändern. Das Sensorkabel ist nicht schleppkettentauglich.

2.2.3 Vorverstärker (nur DL6510)

Der Vorverstärker ist als Bindeglied zwischen Sensor und Controller erforderlich. Er ermöglicht die Überbrückung größerer Entfernungen zwischen Sensor und Controller. Die Sensorkabellänge ist auf 1 m festgelegt (bis 4 m bei zusätzlicher Abstimmung des Controllers) und darf vom Anwender nicht geändert werden.

Abb. 3 Vorverstärker CP6001

Abb. 4 Vorverstärker CP6011

2.2.4 Vorverstärkerkabel (nur für DL6510)

Die schleppkettentauglichen Vorverstärkerkabel verbinden den Vorverstärker mit dem Controller. Es überbrückt Entfernungen von bis zu 40 m zwischen Vorverstärker und Controller.

➪ Kürzen oder verlängern Sie diese speziellen Kabel nicht.

Modell	Kabellänge	Min. Biegeradius, dauerflexibel
CA5	5 m	33 mm
CA10	10 m	
CA20	20 m	
CA25	25 m	
CA30	30 m	
CA40	40 m	

2.2.5 Controllergehäuse

Das capaNCDT 6500C Mehrkanal-Rack ist für bis zu zwei Kanäle, das capaNCDT 6500 ist für bis zu 8 Kanäle ausgelegt, die alle miteinander synchronisiert sind.

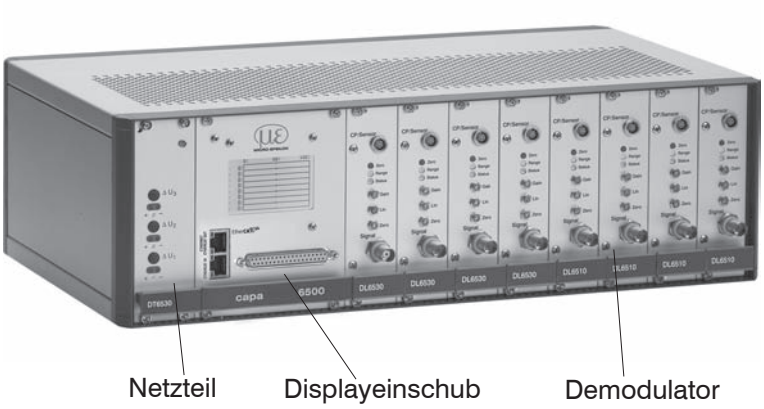


Abb. 5 Frontansicht DT6530

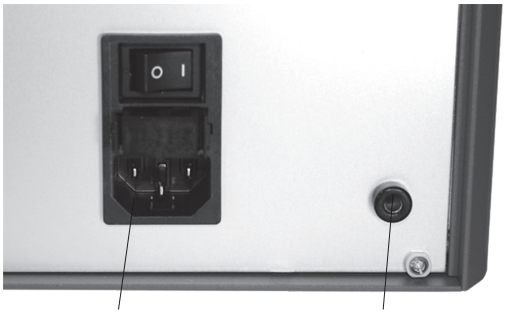


Abb. 6 Rückansicht DT6530

Abb. 7 Frontansicht DT6530C

HINWEIS

Ausgangsspannung kann bis zu 14 VDC erreichen bei abgestecktem Sensor beziehungsweise Messbereichsüberschreitung.

2.2.6 Oszillator

Der Oszillator speist alle Messkanäle (Sensoren) mit einem frequenz- und amplitudenstabilen Wechselstrom. Die Frequenz beträgt 31 kHz. Da alle Sensoren von einem Oszillator gespeist werden, kommt es zu keiner störenden Beeinflussung der Kanäle untereinander. Jeder zweite Messkanal erhält ein um 180 ° phasenverschobenes Oszillatorsignal.

2.2.7 DD6530 Displayeinschub mit Ethernetschnittstelle

Der Displayeinschub DD6530 dient zur Signalanzeige und –ausgabe. Am Display können die Messwerte in Prozent aller acht Kanäle abgelesen werden. Die analogen Ausgangssignale (Spannungs- und Stromausgang), Triggereingang, sowie Synchronisationsein- und ausgänge befinden sich auf der 37-pol Sub-D Buchse. Über die Ethernetschnittstelle kann das System an ein Netzwerk angeschlossen und die Messwerte können digital ausgelesen werden, siehe Kap. 6. - Ethernetschnittstelle. Zudem verfügt der Displayeinschub über eine EtherCAT-Schnittstelle zur Übertragung der Messwerte in Echtzeit.

Abb. 8 Displayeinschub

2.2.8 Demodulator

Demodulation, Linearisierung und Verstärkung des abstandsabhängigen Messsignals sind Aufgaben der Demodulatoreinheit. Die drei Trimmpotentiometer

- Linearity (Linearität)
- Gain (Verstärkung)
- Zero (Nullpunkt)

ermöglichen den Grundabgleich eines Messsystems, siehe Kap. 5.3, siehe Kap. 5.4.

Abb. 9 Demodulatoreinschub DL6510

2.3 Technische Daten

Controller-Typ		DT6530 DL6530 DL6510 mit CP6001	DT6530 DL6510 mit CPM6011
Auflösung statisch	(2,6 Hz)	0,000075 % d.M.	0,0006 % d.M.
Auflösung dynamisch	(100 Hz)	0,0003 % d.M.	0,0025 % d.M.
	(1 kHz)	0,0009 % d.M.	0,007 % d.M.
	(8,5 kHz)	0,002 % d.M.	0,015 % d.M.
Grenzfrequenz Analogausgang		20 Hz; 1 kHz; 8,5 kHz (-3 dB, schaltbar)	
Datenrate Ausgang	Ethernet	3,9 kSa/s 7,8 kSa/s bei max. 4 Kanälen	
	EtherCAT	2,0 kSa/s	
Linearität (typisch)		±0,025 % d.M.	±0,05 % d.M.
max. Empfindlichkeitsabweichung		±0,05 % d.M.	±0,1 % d.M.
Reproduzierbarkeit [1]		0,0003 % d.M.	0,001 % d.M.
Langzeitstabilität		±0,002 % d.M. / Monat	±0,02 % d.M. / Monat
Synchronbetrieb [2]		ja	ja
Isolatormessung		ja	nein
Temperaturstabilität		Digital: 5 ppm/°C Analog: 10 ppm/°C	80 ppm (digital und analog)
Betriebstemperatur, Sensor		- 50 ... +200 °C	
Betriebstemperatur, Controller		+10 ... +60 °C	
Temperaturbereich lagernd		-10 ... +75 °C	
Versorgung		90 ... 265 VAC (50 ... 60 Hz)	
Ausgang		0 ... 10 V (max. 10 mA, kurzschlusssicher); Offset ≤ ±10 V bis 0 V	
		4 ... 20 mA (max. Bürde 500 Ohm)	
		optional: 0 ... 20 mA (max. Bürde 500 Ohm)	
		Ethernet 24 Bit / EtherCAT 24 Bit	
Sensoren		alle Sensoren geeignet	
Sensorkabellänge, Standard		1 m (Modell CCxC, CCxB)	
		1,4 m (Modell CCm)	
Sensorkabellänge, Sonderabstimmung		bis 4 m	bis 2 m (Modell CCxC, CCxB) bis 2,8 m (Modell CCm)
Luftfeuchtigkeit		5 bis 95 % (nicht kondensierend)	
Schutzart		IP 40 (Elektronik und Sensoren)	
EMV		EN 61326-1: 2006-10 / EN 61326-2-3: 2007-05 / EN 61000-3-2: 2006-10 / EN 61000-3-3-: 2002-05 / EN 61010-1: 2002-08	

d.M. = des Messbereichs

1) gilt bei konstanter Umgebung (einschließlich Temperatur und Luftfeuchte)

2) Möglich zu weiterem Controller DT6530 bzw. DT6530C

3. Lieferung

3.1 Lieferumfang

1 Gehäuse mit Netzteil, Oszillator und Displayeinschub

n Demodulatoren

n Sensoren

n Sensorkabel mit Stecker

n Vorverstärker (nur DL6510)

n Vorverstärkerkabel (nur DL6510)

1 Betriebsanleitung

37-pol Sub-D Stecker, Netzanschlussleitung, Netzwerkkabel (Crossover- Kabel)

CD mit Runtimeversion/MEDAQ-LIB (Ethernet), SensorFinder, ESI-File (EtherCAT)

n = Anzahl der Wegmesskanäle

➪ Nehmen Sie die Teile des Messsystems vorsichtig aus der Verpackung und transportieren Sie sie so weiter, dass keine Beschädigungen auftreten können.

➪ Prüfen Sie die Lieferung nach dem Auspacken sofort auf Vollständigkeit oder Transportschäden.

Bei Schäden oder Unvollständigkeit wenden Sie sich bitte sofort an den Hersteller oder Lieferanten.

3.2 Lagerung

Lagertemperatur: -10 °C bis +75 °C

Luftfeuchtigkeit: 5 - 95 % (nicht kondensierend)

4. Installation und Montage

4.1 Vorsichtsmaßnahmen

Auf den Kabelmantel des Sensorkabels dürfen keine scharfkantigen oder schweren Gegenstände einwirken. Schützen Sie in Bereichen mit erhöhtem Druck das Kabel grundsätzlich vor Druckbelastung.

Vermeiden Sie auf jeden Fall Kabelknicke. Überprüfen Sie die Steckverbindungen auf festen Sitz.

i Ein beschädigtes Kabel kann nicht repariert werden.

4.2 Sensor

Die Sensoren können freistehend oder bündig montiert werden.

➪ Achten Sie bei der Montage darauf, dass die polierte Sensorstirnfläche nicht zerkratzt wird.

4.2.1 Radiale Punktklemmung mit Madenschraube, zylindrische Sensoren

Diese einfache Befestigungsart ist nur bei kraft- und vibrationsfreiem Einbauort zu empfehlen. Die Madenschraube muss aus Kunststoff sein, damit das Sensorgehäuse nicht beschädigt oder verformt werden kann.

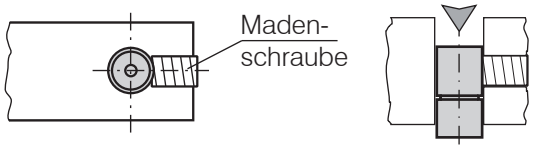


Abb. 10 Radiale Punktklemmung mit Madenschraube.

i Keine Metallmadenschrauben verwenden!
> Gefahr der Beschädigung des Sensors

4.2.2 Umfangsklemmung, zylindrische Sensoren

Diese Art der Sensormontage bietet die höchste Zuverlässigkeit, da der Sensor über sein zylindrisches Gehäuse flächig geklemmt wird. Sie ist bei schwierigen Einbauumgebungen, zum Beispiel an Maschinen, Produktionsanlagen und so weiter zwingend erforderlich.

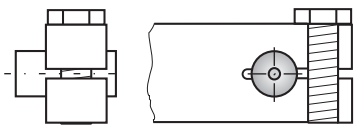
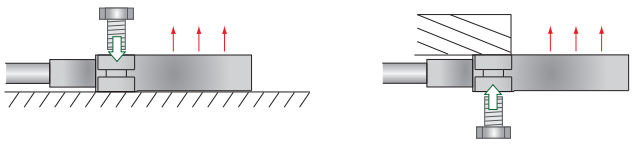


Abb. 11 Umfangsklemmung

4.2.3 Flachsensoren

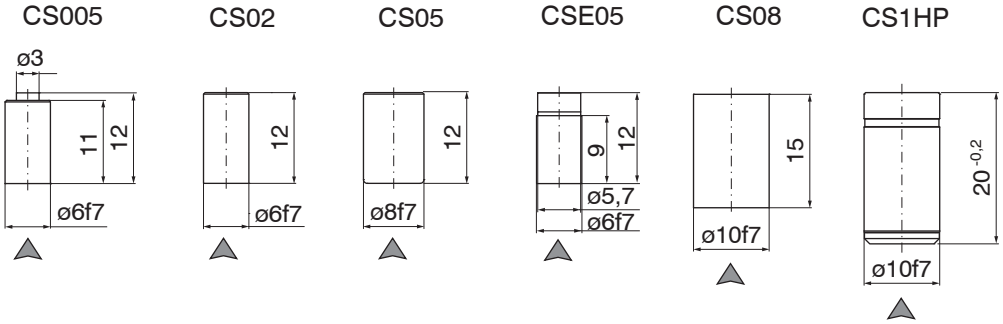
Die Befestigung der Flachsensoren erfolgt über eine Gewindebohrung für M2 (bei Sensoren 0,2 und 0,5 mm) oder über eine Durchgangsbohrung für Schrauben M2. Die Sensoren können von oben oder unten verschraubt werden.

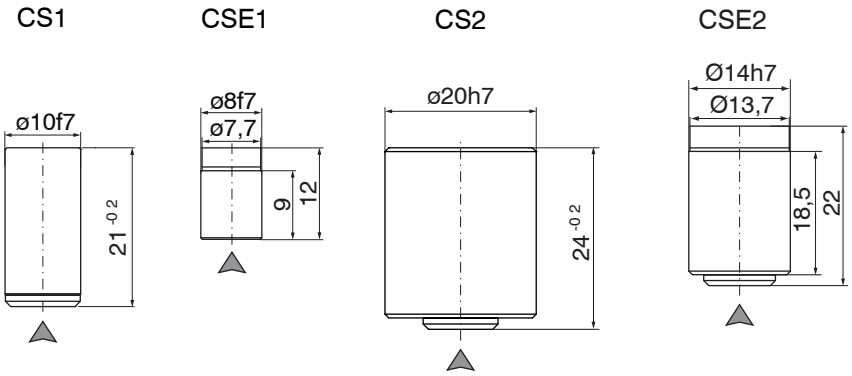
Verschraubung von oben **Verschraubung von unten**

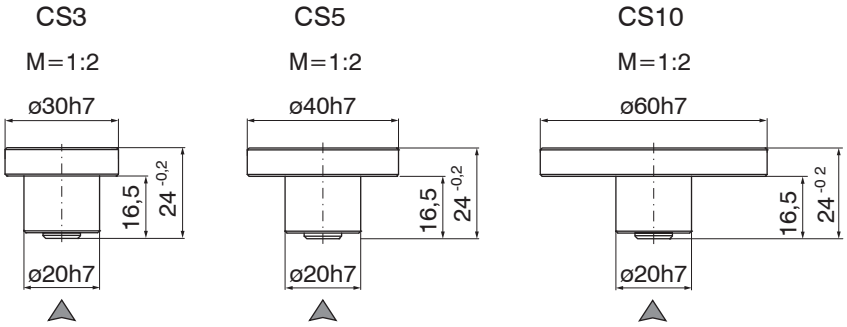


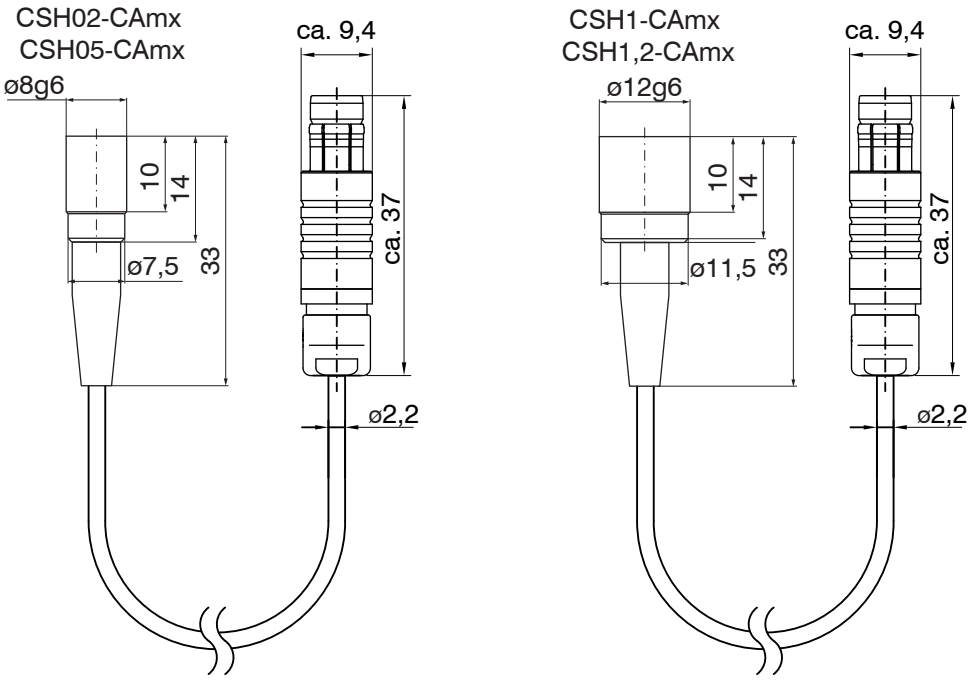
4.2.4 Maßzeichnungen Sensoren

Zylindrische Sensoren









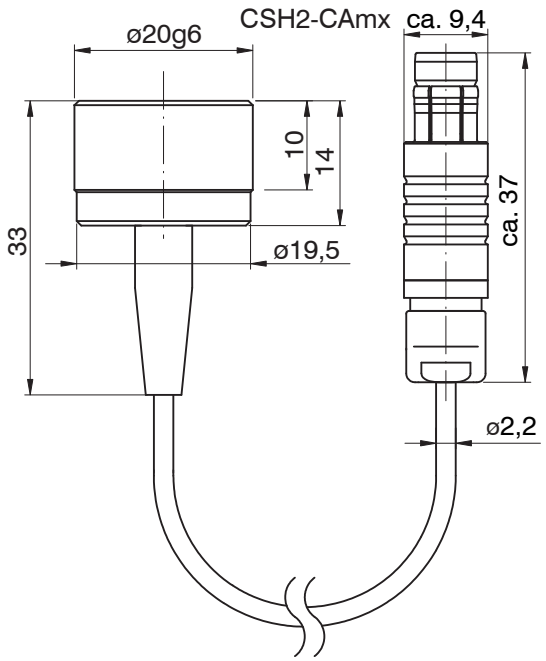
▲ Steckerseite

Abmessungen in mm

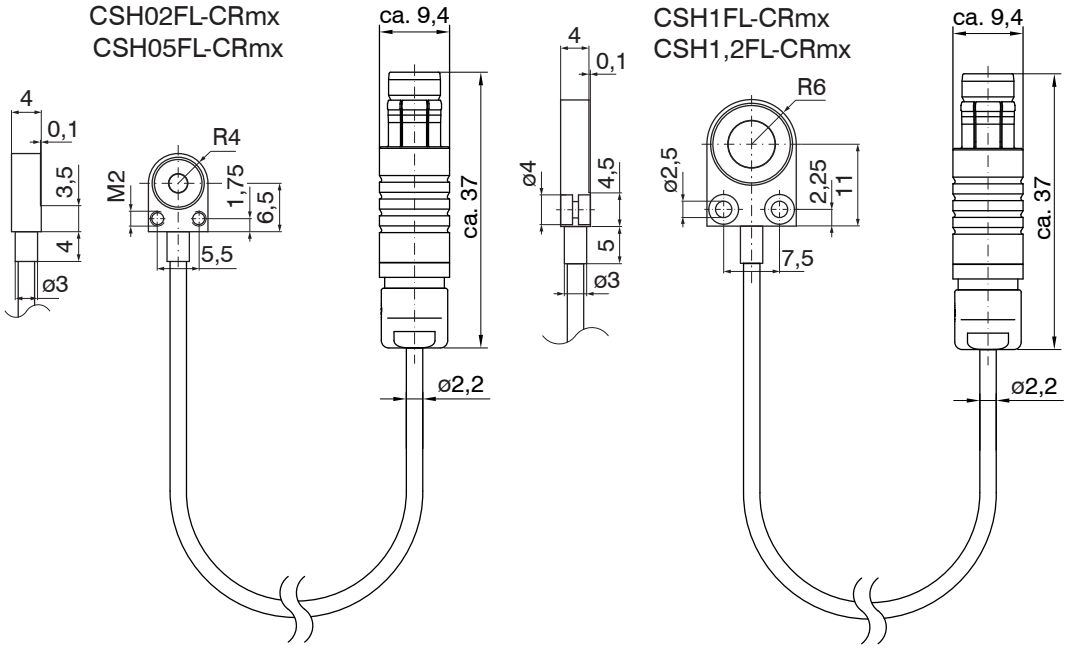
x = Kabellänge in m

Umfangsklemmung ab 3 mm hinter der Stirnfläche möglich.

Maßzeichnungen weiterer Sensoren sind auf Anfrage verfügbar.



Flachsensoren



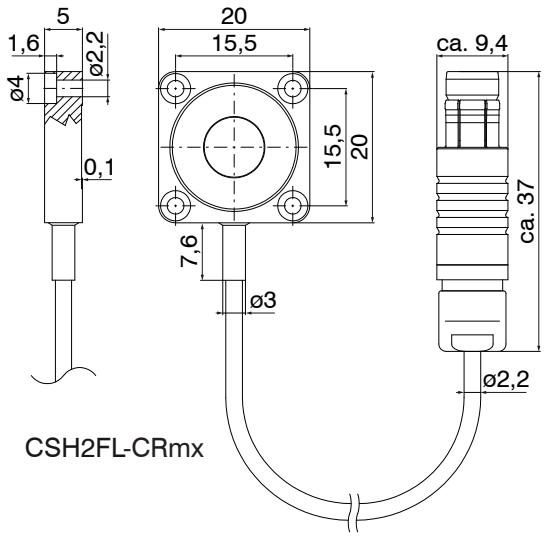
▲ Steckerseite

Abmessungen in mm

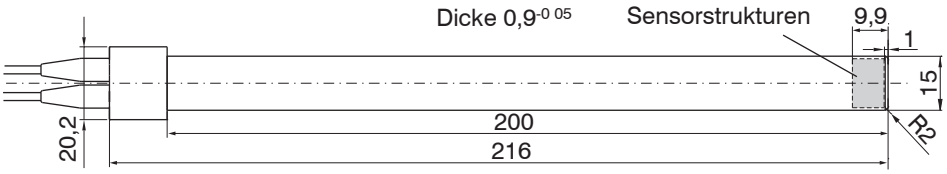
x = Kabellänge in m

Umfangsklemmung ab 3 mm hinter der Stirnfläche möglich.

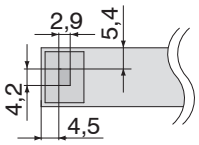
Maßzeichnungen weiterer Sensoren sind auf Anfrage verfügbar.



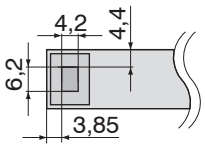
CSG0,50-CAm2,0 und CSG1,00-CAm2,0



Sensorstrukturen



CSG0,50-CAm2,0

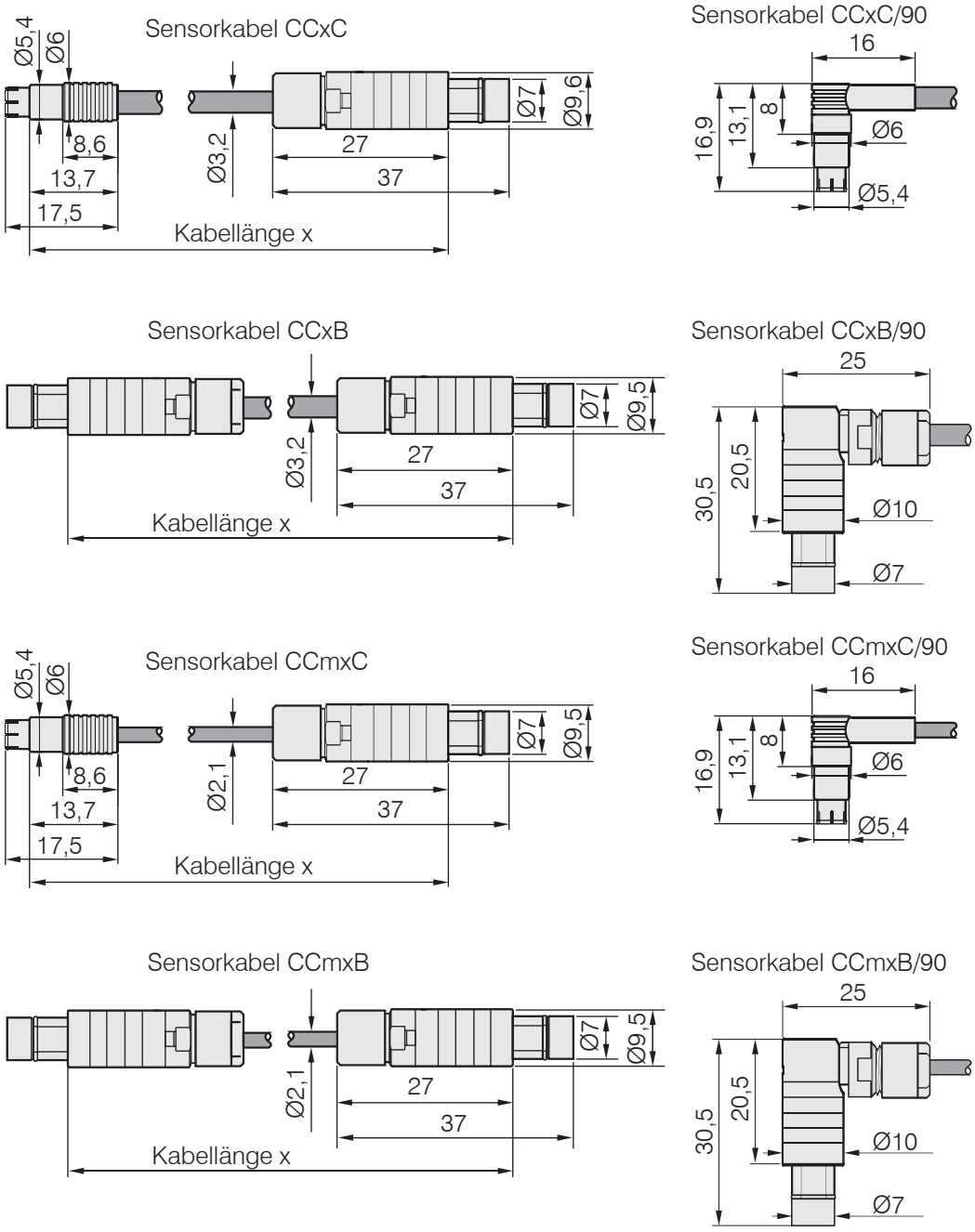


CSG1,00-CAm2,0

Abmessungen in mm, nicht maßstabsgetreu

4.3 Sensorkabel

Der Sensor wird mit dem Controller über das mitgelieferte Sensorkabel verbunden. Der Anschluss erfolgt durch einfaches Stecken. Die Steckverbindung verriegelt selbstständig. Der feste Sitz kann durch Ziehen am Steckergehäuse (Kabelbuchse) geprüft werden. Durch Ziehen an der gerändelten Gehäusehülse der Kabelbuchse öffnet die Verriegelung und die Steckverbindung kann geöffnet werden.



Modell	x = Kabellänge	2 gerade Stecker	1x gerade + 1x 90 °	für Sensoren	Min. Biegeradius	
					statisch	dynamisch
CCxC	1/2/3 oder 4 m	•		0,05 - 0,8 mm	10 mm	38 mm
CCxC/90	1/2/3 oder 4 m		•	0,05 - 0,8 mm		
CCxB	1/2/3 oder 4 m	•		1 ... 10 mm		
CCxB/90	1/2/3 oder 4 m		•	1 ... 10 mm		
CCmxC	1,4/2,8 oder 4,2 m	•		0,05 - 0,8 mm	7 mm	15 mm
CCmxC/90	1,4/2,8 oder 4,2 m		•	0,05 - 0,8 mm		
CCmxB	1,4/2,8 oder 4,2 m	•		1 ... 10 mm		
CCmxB/90	1,4/2,8 oder 4,2 m		•	1 ... 10 mm		

4.4 Vorverstärker CP6001 und CPM6011

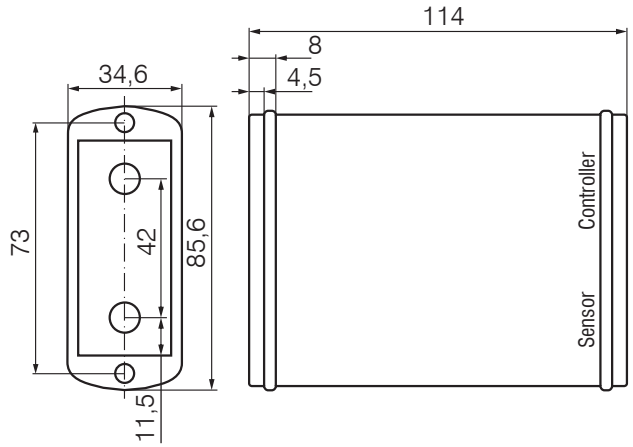


Abb. 12 Vorverstärker CP6001

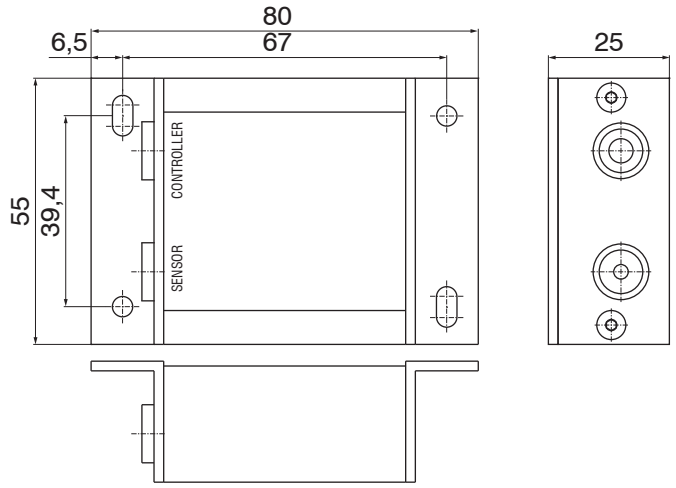


Abb. 13 Vorverstärker CPM6011

Montage Vorverstärker mit Montagewinkel (CP6001)

- Entfernen Sie die vier schwarzen Schutzkappen an den Gehäuseschrauben, Maß 73.
- Entfernen Sie die vier Gehäuseschrauben.
- Befestigen Sie die beiden Montagewinkel am Vorverstärker mit den im Lieferumfang enthaltenen Schrauben.

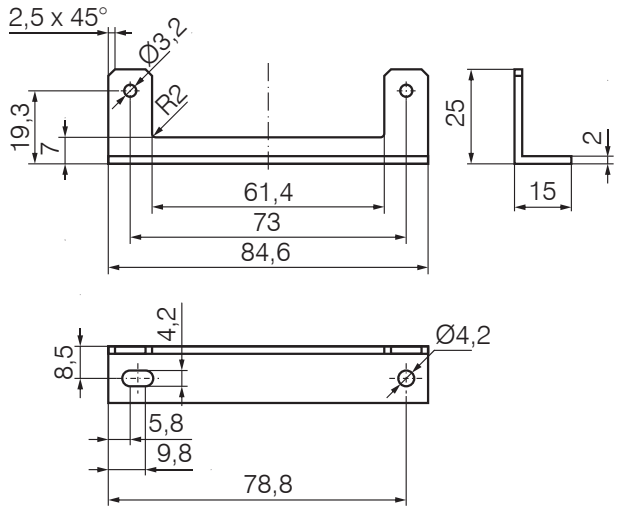
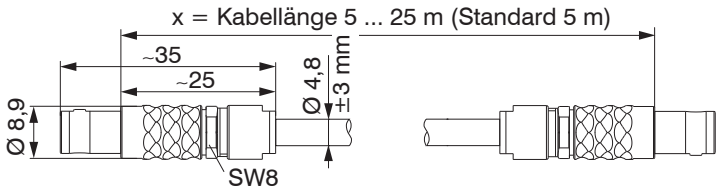


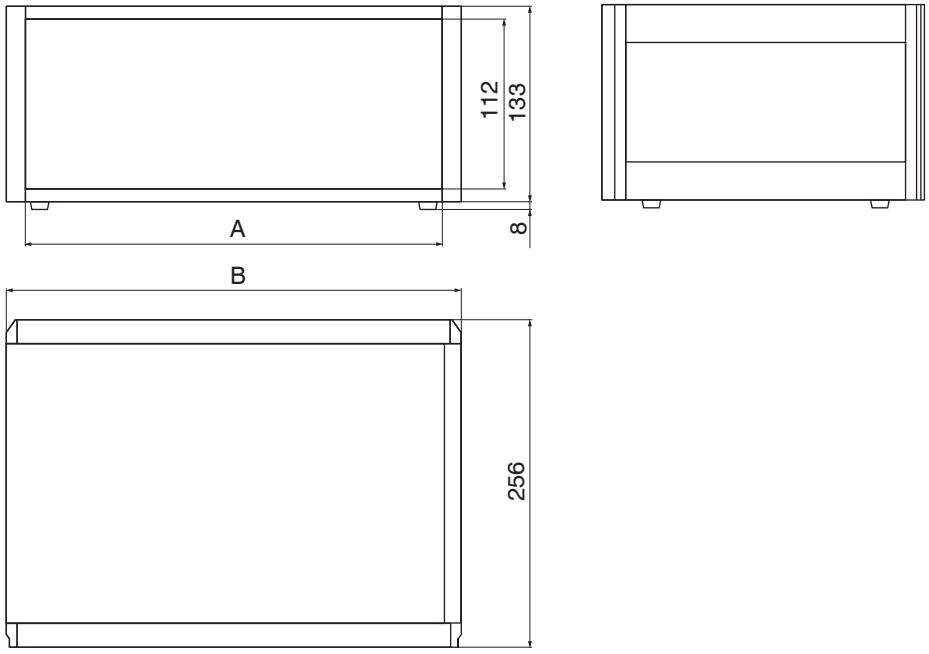
Abb. 14 Montagewinkel für Vorverstärker

Abmessungen in mm, nicht maßstabsgetreu

4.5 Vorverstärkerkabel CAx



4.6 Controller



Modell	A	B
6530C (maximal 2 Kanäle)	214	236
6530 (maximal 8 Kanäle)	427	449

Abmessungen in mm, nicht maßstabsgetreu.

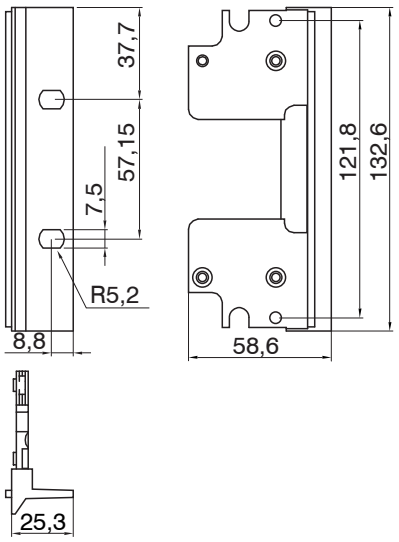


Abb. 15 Befestigungswinkel

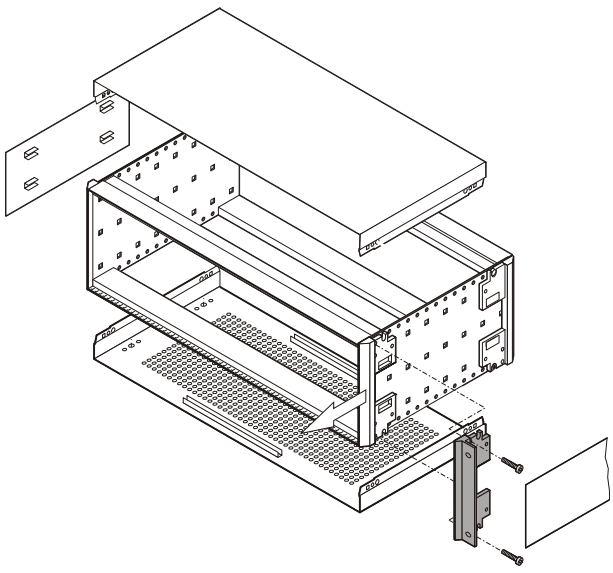


Abb. 16 Montage des Befestigungswinkels

4.7 Masseverbindung, Erdung

Die Gehäuse der Sensoren sind mit der Signalmasse und der Versorgungsmasse verbunden.

Berührungslose Messobjekt-Erdung
In zahlreichen Anwendungen stellt sich die Erdung des Messobjekts als sehr schwierig oder sogar als unmöglich dar. Anders als bei herkömmlichen Systemen muss das Messobjekt bei Synchronisierung von zwei capaNCDT-Geräten nicht geerdet werden.

Die untenstehende Prinzipskizze zeigt zwei synchronisierte capaNCDT-Sensoren, die gegen eine Walze messen. Da die Sensoren über die einzigartige Synchronisiertechnik von MICRO-EPSILON verbunden sind, ist eine Erdung des Messobjekts in den meisten Fällen überflüssig.

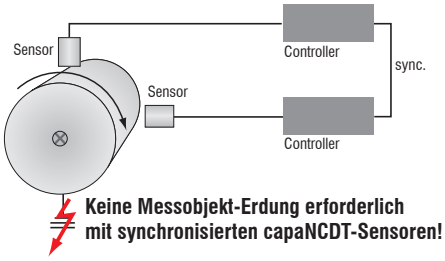


Abb. 17 Positions- und Unwuchtmessung mit zwei Messsystemen

➡ Verbinden Sie das Messobjekt elektrisch leitend mit dem Masseanschluss an der Rückseite des Controllers, siehe Abb. 6.

4.8 Anschlussbelegung

Die Signale werden über die 37-pol. Sub-D Buchse am DD6530 ausgegeben. Zusätzlich kann die Ausgangsspannung an den BNC-Buchsen der Demodulatoreinschübe abgegriffen werden.

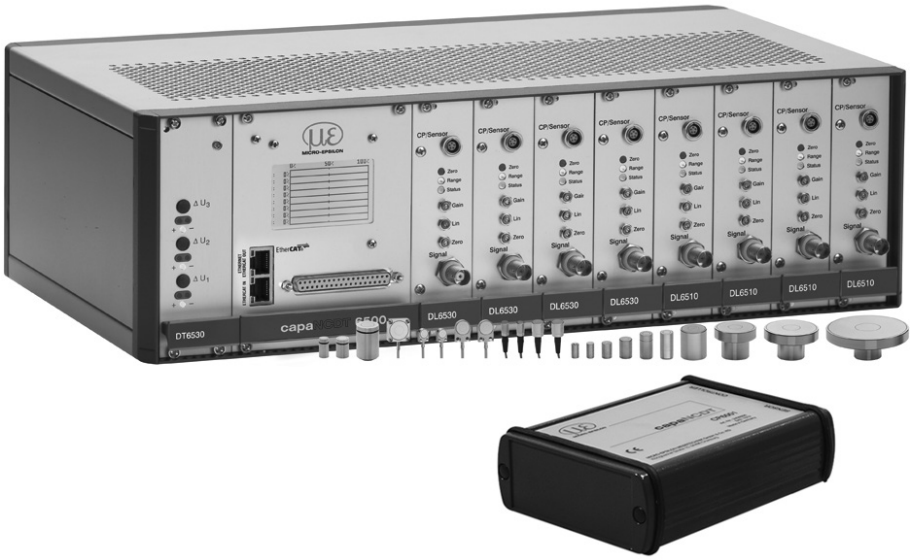


Abb. 18 Messeinheit mit Controller, Vorverstärker und Sensoren

37-pol Sub-D Buchse:

1	U-Aus Kanal 1	13	Trigger_In	25	AGND Kanal 6
2	U-Aus Kanal 2	14	Sync_In- 8M	26	AGND Kanal 7
3	U-Aus Kanal 3	15	Sync_Out- 8M	27	AGND Kanal 8
4	U-Aus Kanal 4	16	Sync_In- 31K	28	I-Aus Kanal 2
5	U-Aus Kanal 5	17	Sync_Out- 31K	29	I-Aus Kanal 4
6	U-Aus Kanal 6	18	Nicht belegt	30	I-Aus Kanal 6
7	U-Aus Kanal 7	19	Nicht belegt	31	I-Aus Kanal 8
8	U-Aus Kanal 8	20	AGND Kanal 1	32	GND_Trigger_I
9	I-Aus Kanal 1	21	AGND Kanal 2	33	Sync_In+ 8M
10	I-Aus Kanal 3	22	AGND Kanal 3	34	Sync_Out+ 8M
11	I-Aus Kanal 5	23	AGND Kanal 4	35	Sync_In+ 31K
12	I-Aus Kanal 7	24	AGND Kanal 5	36	Sync_Out+ 31K
				37	Nicht belegt

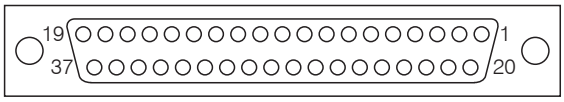


Abb. 19 Ansicht: Lötstiftseite, 37-pol. Sub-D Kabelstecker

Hinweise für die anwenderseitige Konfektionierung eines eigenen Ausgangs- und Triggerkabels:

- Verwenden Sie ein geschirmtes Kabel.
- Verbinden Sie das Schirmgeflecht mit dem Steckergehäuse.
- Verwenden Sie für das Triggersignal ein separates, geschirmtes Kabel.

Maximale Kabellänge beträgt 3 m.

Empfohlener Leiterquerschnitt: 0,14 mm²

Die EMV-Richtlinien, siehe Kap. 1.3, werden nur unter diesen Randbedingungen eingehalten.

4.9 Synchronisation

Mehrere Messsysteme der Serie capaNCDT 6500 können gleichzeitig als Mehrkanalsystem betrieben werden. Durch die Synchronisation der Messsysteme wird ein gegenseitiges Beeinflussen der Sensoren vermieden.

- Stecken Sie das Synchronisationskabel SC6000-x (Zubehör) in die Buchse SYNC OUT (Synchronisation Ausgang) an Controller 1.
- Stecken Sie den Stecker vom SC6000-x in die Buchse SYNC IN (Synchronisation Eingang) an Controller 2.

Der Oszillator von Controller 2 schaltet automatisch auf Synchronisationsbetrieb, das heißt in Abhängigkeit von Oszillator 1 in Controller 1.

Der Einfluss bei schlecht geerdetem Messobjekt wird ausgeschlossen.

Synchronisieren Sie gegebenenfalls mehrere Messsysteme mit einem SC6000-x.

i Automatische Synchronisation, jeder Controller kann Master sein.

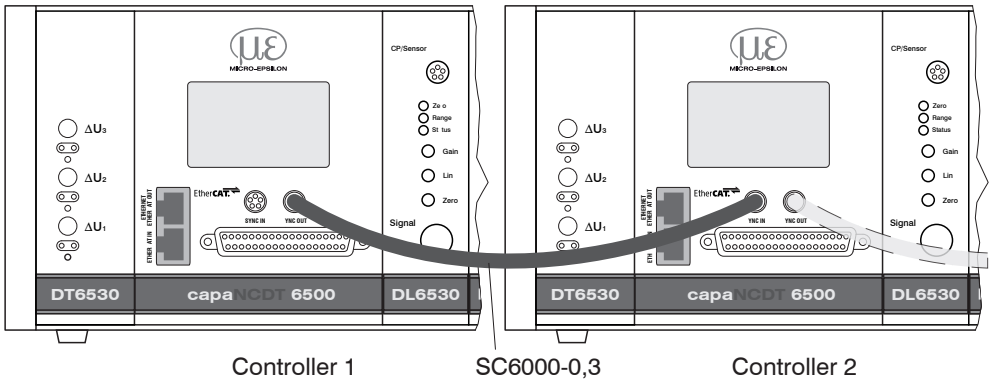


Abb. 20 Synchronisierung eines zweiten Controllers

5. Bedienung

HINWEIS

Während des Betriebes darf kein Einschub ein- oder ausgesteckt werden, da dies zu Defekten des Controllers führen kann!

5.1 Inbetriebnahme

Achten Sie beim Einschalten des Gerätes darauf, dass alle Einschübe in den vorgesehenen Plätzen eingesteckt sind.

Lassen Sie die Messeinrichtung circa 15 min warmlaufen, bevor Sie eine Messung oder Kalibrierung durchführen. Dies vermeidet Messungenauigkeiten.

5.2 Bedien- und Anzeigeelemente

5.2.1 DT6530

Nach dem Einschalten der Versorgungsspannung zeigen die drei LED‘s das Vorhandensein der internen Versorgungsspannungen an. Leuchten alle drei LED‘s, ist der Controller betriebsbereit.

Abb. 21 LED‘s für Spannungsversorgung

5.2.2 DD6530

Auf dem Display-Einschub DD6530 werden die digitalen Messwerte aller Kanäle angezeigt. Die Messwerte sind von 0 bis 100 % skaliert. Die angezeigten Werte entsprechen nicht der vollen Messsystem-Auflösung. Die Anzeigeauflösung beträgt 0,01 % für jeden Kanal und dient lediglich der Kontrolle. Um die volle Auflösung zu erhalten, verwenden Sie bitte die Signale der analogen beziehungsweise digitalen Schnittstelle. Die Displayeinstellungen, siehe Kap. 6.4.14, ermöglichen

- einen Wechsel zwischen linearisierten oder nicht linearisierten Werten
- eine Auswahl der zu aktualisierenden Kanäle.

Abb. 22 Display- und Schnittstelleneinschub

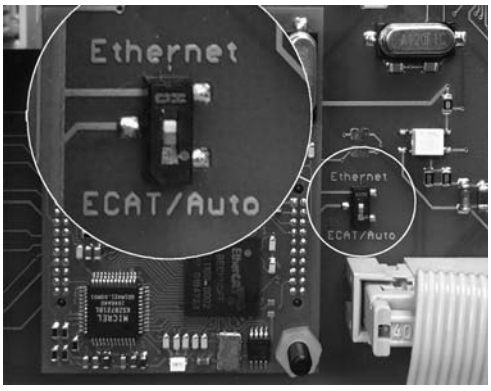


Abb. 23 Wechsel Ethernet/EtherCAT

Eine Umschaltung zwischen Ethernet- und EtherCAT kann entweder über den Hardwareschalter (Bild) oder per Software erfolgen.

Steht der Schalter in Position `Ethernet`, so ist unabhängig von der Softwareeinstellung immer die Ethernetschnittstelle aktiv. Steht der Schalter in Position `ECAT/Auto`, so ist die Schnittstelle aktiv, die Softwareseitig eingestellt ist. Eine Änderung der Schnittstelle tritt erst nach Neustart des Controllers in Kraft.

5.2.3 DO6510

Die optional erhältliche Analogausgangskarte DO6510 gibt digital verrechnete Messsignale wieder analog aus. Das DO6510 besitzt 3 Analogausgänge, die wahlweise Signale im Bereich von 0 … 10 V, ±5 V oder 4 … 20 mA ausgeben können. Die Auswahl erfolgt durch einen Drehschalter an der Seite des Einschubs. Die Analogausgänge besitzen eine theoretische Auflösung von 16 Bit und werden mit der im DT6500 eingestellten Datenrate aktualisiert.

Das DO6510 gibt die berechneten Mathematikfunktionen aufsteigend Anhand der Kanäle, auf denen die Mathematikfunktionen liegen, auf den Buchsen Analog Out1 … 3 aus.

Beispiel:
Sie definieren zwei Mathematikfunktionen, eine auf Kanal 4 und eine auf Kanal 6. Die Ergebnisse dieser Mathematikfunktionen werden dann auf Analog Out1 (Mathematikfunktion von Kanal 4) und Analog Out2 (Mathematikfunktion von Kanal 6) ausgegeben. Löschen Sie nun die Mathematikfunktion auf Kanal 4, so wird die Mathematikfunktion von Kanal 6 von nun an auf Analog Out1 ausgegeben.

Beschränkung des Ausgabebereichs: Der Ausgabebereich wird auf den größten Messbereich, der in einer Mathematikfunktion verwendet wird, skaliert.

Beispiel:
Mathematikfunktion Kanal 1: Messbereich 2000 µm.
Mathematikfunktion Kanal 2 Messbereich 500 µm.
Analogausgang ist auf 2000 µm skaliert; entspricht 100 %.

Möchten Sie diese beiden Kanäle z. B. addieren, müssen Sie die Kanäle skalieren (z. B. Mathematikfunktion = 0,5 x Kanal 1 + 0,5 x Kanal 2), um einen Überlauf zu verhindern.

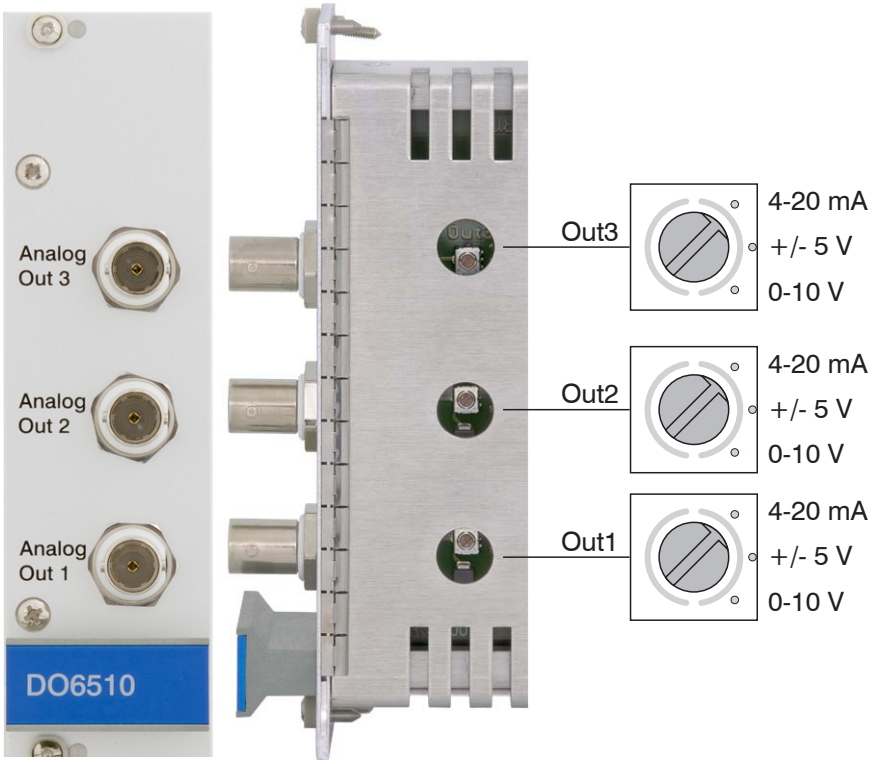


Abb. 24 DO6510 mit Analogausgangsbuchsen und Drehschalter zur Spannungs- und Stromauswahl

5.2.4 DL6530/ DL6510

Mit den Trimmpotentiometern “Zero“, “Lin“ (Linearity) und “Gain“, siehe Abb. 25, werden der Nullpunkt-, Linearitäts- und Verstärkungsabgleich eines Messkanals durchgeführt (Einstellbereich circa 18 Umdrehungen je Potentiometer). Die Endstellungen bei linkem beziehungsweise rechtem Anschlag sind durch leichtes Klicken zu erkennen.

i Das Trimmpotentiometer “Zero“ beeinflusst den Analogausgang.
Die Trimmpotentiometer “Lin“ und “Gain“ beeinflussen den Analog- und den Digitalausgang.
Die Potentiometer „Lin“ und „Gain“ sind nur bei nichtleitenden Messobjekten aktiv.

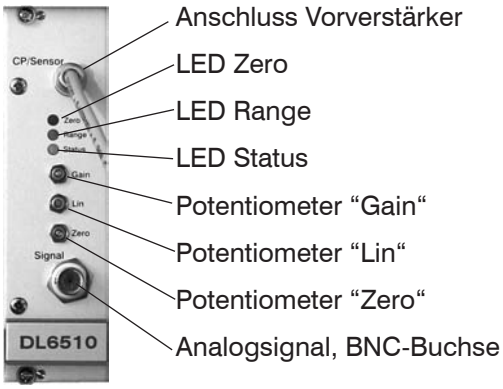
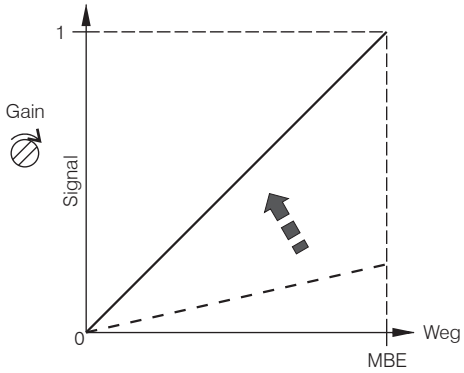


Abb. 25 Frontansicht DL6510

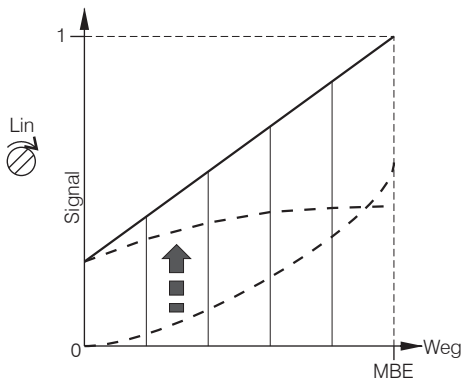
LED		Farbe	Funktion
ZERO	○		Werkseinstellung
	☼	rot	Controller arbeitet mit veränderter Werkseinstellung
RANGE	☼	grün	Messobjekt im Messbereich
		rot	Messobjekt außerhalb Messbereich
STATUS	○		Controllerstörung
	☼	orange	Controller in Ordnung

Die Potis sind werkseitig alle auf Rechtsanschlag (maximale Pegel) eingestellt.

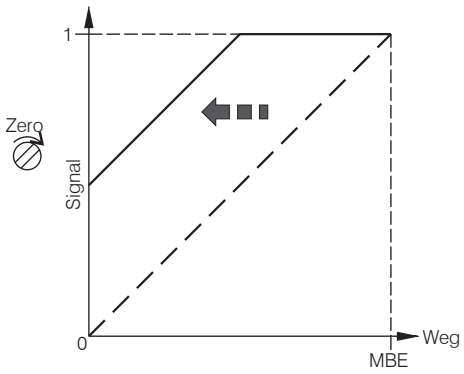
Trimmer Gain: Erhöhung der Kennliniensteigung bei Drehung nach rechts.



Trimmer Lin: Erhöhung der quadratischen Komponente bei Drehung nach rechts.



Trimmer Zero: Verschiebung der Kennlinie nach links bei Drehung nach rechts.



MBE = Messbereichsende

i Das Zero-Poti wirkt sich nur auf die Analogausgänge aus, nicht jedoch auf die digitalen Messwerte.

Messobjektauswahl

Mit einem Schiebeschalter, siehe Abb. 26, wird zwischen leitenden und nichtleitenden Messobjekten umgeschaltet. In Stellung Cond. (elektrischer Leiter) ist nur die Nullpunkteinstellung mit dem Zero-Trimmer aktiv. Die Verstärkung ist fest auf 0 bis 10 V über den gesamten Messbereich eingestellt.

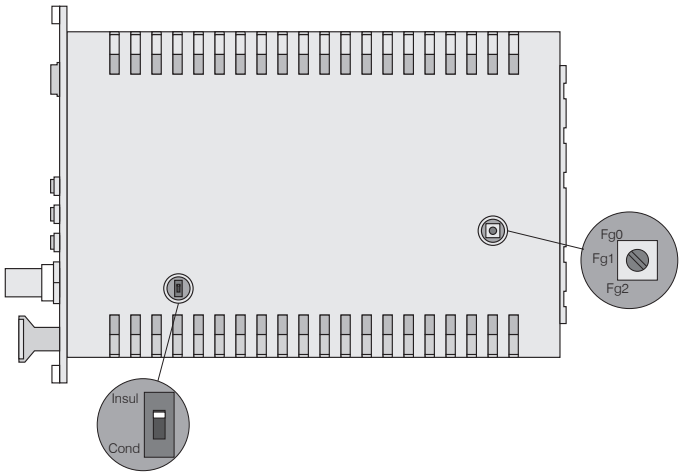


Abb. 26 Schalter auf Platine für Werkstoffwahl und Grenzfrequenz

Grenzfrequenz Analogausgang

Die Grenzfrequenz des analogen Ausgangssignals kann mit einem Drehschalter auf der Platine, siehe Abb. 26, eingestellt werden.

Es sind drei Stellungen möglich:

Grenzfrequenz fg0 = 8,5 kHz

Grenzfrequenz fg1 = 1 kHz

Grenzfrequenz fg2 = 20 Hz

5.3 Kalibrierung mit metallischen Messobjekten

Voraussetzungen

- spezifischer Widerstand des Messobjekts <100 Ωcm.
- Schiebeschalter im Controller in Stellung `Cond.` (elektrischer Leiter, siehe Abb. 26)

Aufgrund von Messprinzip und Sensorkonstruktion ist bei metallischen Messobjekten automatisch eine lineare Charakteristik gegeben. Die Trimmpotentiometer “Gain“ (Verstärkung) und “Linearity“ (Linearität) sind unwirksam.

Das Messgerät ist werkseitig so eingestellt, dass für jeden Sensor entsprechend seinem Messbereich eine Ausgangsspannung von 10 V (beziehungsweise 0-100 %) über den gesamten Messbereich erreicht wird.

Mit dem Trimmpotentiometer “Zero“ kann der Nullpunkt der analogen Ausgangsspannungen über den gesamten Messbereich eingestellt werden, wobei der mechanische Nullpunkt immer an der Sensorstirnfläche liegt. Bei schräg stehendem Sensor bzw. Messobjekt tritt entsprechend der Verkippung eine Messbereichsreduzierung und eine Nullpunktverschiebung auf.

Gewölbte Messobjektoberflächen führen bei kleineren Abständen zwischen Sensor und Messobjekt zu Linearitätseinbußen.

Bei kleiner Messobjektoberfläche treten ebenfalls Linearitäts- und Empfindlichkeitsabweichungen auf.

Messbereichserweiterung:

Unter Reduzierung von Linearität und Empfindlichkeit lassen sich die Sensormessbereiche um den Faktor 2 bis 3 erweitern.

➨ Bringen Sie dazu den Schalter im Controller in die Stellung `Insul.` (isolierende Werkstoffe, siehe Abb. 26). Der nun notwendige Linearitätsabgleich wird entsprechend den Anweisungen, siehe Kap. 5.4, durchgeführt.

In dem dort beschriebenen Schritt 1 wird, abweichend dazu, von folgender Einstellung ausgegangen:

- Potentiometer “Zero“ (Nullpunkt): rechter Anschlag
- Potentiometer “Lin“ (Linearität): rechter Anschlag
- Potentiometer “Gain“ (Verstärkung): linker Anschlag

➨ Führen Sie die gesamte Kalibrierung bis Schritt 4 durch.

i Werkseitige Messbereichsverdopplung möglich durch internen Abgleich.

5.4 Linearitätsabgleich und Kalibrierung mit isolierenden Messobjekten

Voraussetzungen

- spezieller Widerstand des Messobjekts > 10^6 Ωcm.
- Schiebeschalter im Controller in Stellung “Insul.“ (Isolator, siehe Abb. 26)

Vor Durchführung der Messung an isolierenden Messobjekten muss der Messkanal individuell linearisiert und kalibriert werden. Der Abgleich erfolgt über definierte Abstandspunkte, die durch ein Vergleichsnormal vorgegeben werden. Besonders gut geeignet ist eine spezielle Mikrometerkalibriervorrichtung mit nichtdrehender Mikrometerspindel (zum Beispiel MC25 von MICRO-EPSILON). Distanzscheiben sind nicht geeignet.

Folgende Größen haben Einfluss auf die Kalibrierung und müssen auch später im Betrieb beachtet werden, da bei jeder Änderung eines Parameters eine Neukalibrierung zweckmäßig ist.

- spezifischer Widerstand des Messobjekts
- relative Dielektrizitätskonstante des Messobjekts
- Form und Dicke des Isolators
- Bei dünnen Objekten können hinter dem Messobjekt liegende Metalle den Feldlinienverlauf des elektrischen Felds beeinflussen.

Je größer die relative Dielektrizitätskonstante eines Messobjekts ist, desto höher ist die Empfindlichkeit des Messsystems.

Schritt 1:

Einstellung:

- Potentiometer “Zero“ (Nullpunkt): rechter Anschlag
- Potentiometer “Lin“ (Linearität): Mitte
- Potentiometer “Gain“ (Verstärkung): Mitte

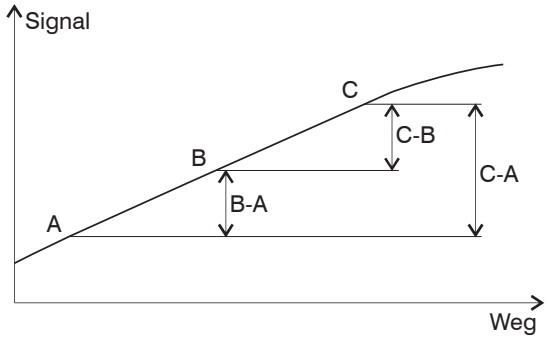


Abb. 27 Festlegung des aktiven Messbereichs

➡ Nehmen Sie mindestens 10 Punkte der Messkurve des Sensors auf. Wählen Sie einen Bereich mit geringer und möglichst konstanter Krümmung aus und legen Sie die Punkte:

- Messbereichsanfang A,
- Messbereichsmitte B und
- Messbereichsende C fest.

Der Wert der Spannung an Punkt C darf 10 V nicht überschreiten, ansonsten reduzieren Sie die Empfindlichkeit mit dem Trimmpotentiometer “Gain“.

Schritt 2: Linearität

Von den festgelegten Messpunkten werden jetzt die Messwertdifferenzen gebildet und miteinander verglichen.

Der Vorgang war erfolgreich, wenn Sie folgende Bedingung erreicht haben:

B - A = C - B

Wird diese Bedingung noch nicht erfüllt, dann haben Sie folgende Korrekturmöglichkeiten:

- Fügen Sie mit Hilfe des Trimmpotentiometers “Lin“ dem Messsignal eine quadratische Komponente zu, die die physikalisch bedingte nichtlineare Komponente von Isolatoren ausgleicht. In der Stellung 0 (linker Anschlag) wird keine quadratische Komponente zugefügt.
- Falls der Wert für C über 10 V steigt, reduzieren Sie mit dem Trimmpotentiometer “Gain“ die Empfindlichkeit.

Können Sie die genannte Bedingung trotzdem nicht erfüllen, weil das Trimmpotentiometer “Lin“ auf Vollausschlag steht, dann haben Sie die Punkte A, B,C ungünstig gewählt und müssen bei Schritt 1 neu beginnen.

Schritt 3: Empfindlichkeit

Zur Einstellung der Empfindlichkeit berechnen Sie C - A und wählen eine zum Messbereich passende Skalierung (zum Beispiel 1 V / mm). Bestimmen Sie den Wert von C´ und stellen damit den Abstandspunkt C ein.

$$C' = C \frac{E}{(C - A)}$$

E ... gewünschte Signalspanne Punkt C bis A in Volt

C ... Signalwert bei C in Volt

A ... Signalwert bei A in Volt

Liegt C´ nicht über 10 V, kann die Einstellung noch mit dem Trimmpotentiometer “Gain“ nachreguliert werden. Abschließend wird die Messkurve noch einmal abgefahren und dokumentiert.

Schritt 4: Nullpunkt

Zum Abschluss kann jetzt mit dem Trimmpotentiometer “Zero“ der elektrische Nullpunkt verschoben werden, ohne dass die Linearität und die Empfindlichkeit beeinflusst werden.

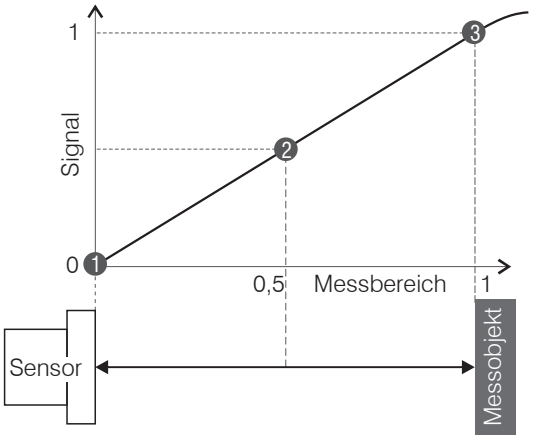


Abb. 28 Verlauf der Ausgangsspannung im Messbereich

Hinweis für Digitale Schnittstelle

Nullpunktverschiebung, Möglichkeit der digitalen Linearisierung durch Software möglich. Einzelheiten, siehe Kap. 6..

Werden die Messwerte digital ausgelesen, so stimmen nach einer Verschiebung des Nullpunkts mit dem Zero-Poti die analogen und digitalen Messwerte nicht mehr zusammen.

5.5 Triggerung

Das DT6530 kann

- über einen Triggereingang (Pin 13 und Pin 32 der 37-pol. Sub-D Buchse, siehe Abb. 29 oder
- über einen Softwarebefehl, siehe Kap. 6.4.3

betrieben werden. Dazu muss der Triggermodus aktiviert und eine Datenrate eingestellt werden, die größer als die max. Triggerfrequenz ist.

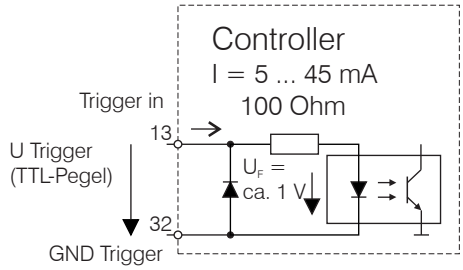


Abb. 29 Triggereingang

Für den Triggereingang gibt es drei verschiedene Einstellmöglichkeiten:

- Triggermode 1 (rising edge): Bei jeder steigenden Flanke, wird pro Kanal ein Messwert gesendet. Die eingestellte Datenrate muss größer als die max. Triggerfrequenz sein. Wird schneller getriggert als die eingestellte Datenrate, so werden vereinzelte Messwerte doppelt gesendet, weil intern noch keine neuen Messwerte vom AD-Wandler anliegen.
- Triggermode 2 (high level): So lange ein logischer High-Pegel am Triggereingang anliegt, werden mit der eingestellten Datenrate die Messwerte gesendet.
- Triggermode 3 (gate rising edge): Mit der ersten steigenden Flanke am Triggereingang, beginnt der Controller mit der eingestellten Datenrate die Messwerte zu senden, bei der zweiten steigenden Flanke, hört er auf Messwerte zu senden, und so weiter…

Unabhängig vom eingestellten Triggermode kann auch über einen Softwarebefehl, siehe Kap. 6.4.3, ein einzelner Messwert pro Kanal abgefragt werden.

5.6 Synchronisation

Über die 37-pol Sub-D Buchse können bis zu 8 Controller miteinander synchronisiert werden.

Verbinden Sie dazu alle Sync_Out Ausgänge mit den entsprechenden Sync_In Eingängen des nachfolgenden Controllers. Verwenden Sie für die zusammengehörigen Signale verdrillte Leitungen (Twisted-Pair).

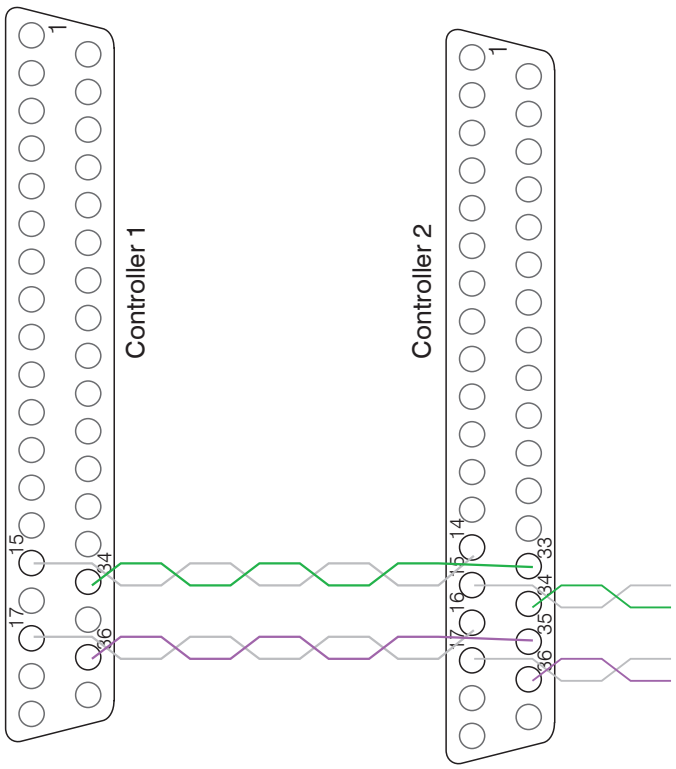


Abb. 30 Verdrahtung für die Synchronisation zweier Controller

6. Ethernetschnittstelle

Besonders hohe Auflösungen erreichen Sie, wenn Sie die Messwerte in digitaler Form über die Ethernetschnittstelle auslesen.

Verwenden Sie dazu das Webinterface oder die beiliegende Runtimeversion auf CD-ROM, siehe Kap. 6.5, oder ein eigenes Programm. Micro-Epsilon unterstützt Sie mit dem Treiber MEDAQLib, der alle Befehle für das capaNCDT 6500 enthält. Nähere Hinweise finden Sie auf der beiliegenden CD oder im Internet unter www.micro-epsilon.de/software “Standardapplikationen > MEDAQlib“.

6.1 Hardware, Schnittstelle

Um die Ethernetschnittstelle nutzen zu können, muss sich im Kanal 1 ein Demodulatoreinschub befinden, da dieser den Takt für alle Kanäle vorgibt!

Die Messwerterfassung aller Kanäle läuft synchron.

➨ Verbinden Sie das DT6530 mit einer freien Ethernet-Schnittstelle am PC. Verwenden Sie dazu ein Crossover-Kabel.

Für eine Verbindung mit dem DT6530 benötigen Sie eine definierte IP-Adresse der Netzwerkkarte im PC. Wechseln Sie in die Systemsteuerung\Netzwerkverbindungen. Legen Sie gegebenenfalls eine neue LAN-Verbindung an. Fragen Sie dazu Ihren Netzwerkadministrator.

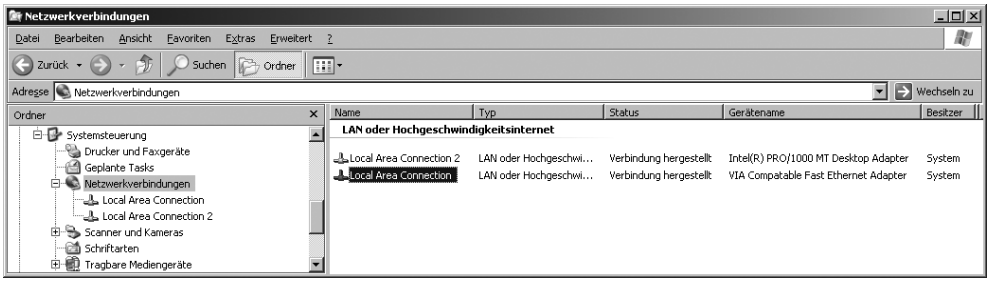


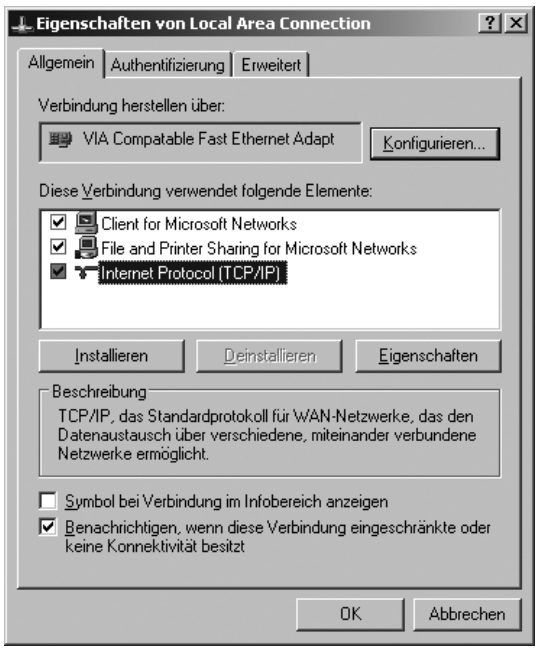
Abb. 31 LAN-Verbindung eines PC‘s

➨ Definieren Sie in den Eigenschaften der LAN-Verbindung folgende Adresse:

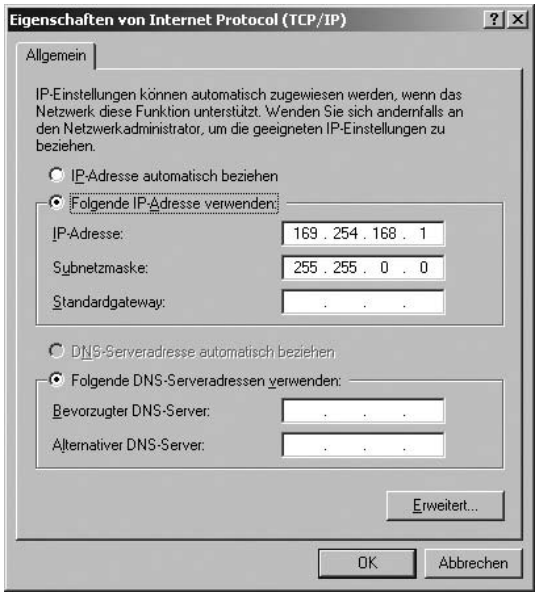
IP-Adresse: 169.254.168.1

Subnetzmaske: 255.255.0.0

➨ Wählen Sie “Eigenschaften“



➡ Wählen Sie „Internet Protocol (TCP/IP) > Eigenschaften“



Um die Ethernetschnittstelle nutzen zu können, muss sich im Kanal 1 ein Demodulatoreinschub befinden, da dieser den Takt für alle Kanäle vorgibt!

Die IP-Adresse des Controllers ist werkseitig auf 169.254.168.150 eingestellt. Die Kommunikation mit dem Controller erfolgt über einen Datenport (werksseitig 10001) für die Messwertübertragung und einen Kommandoport (Telnet, Port 23) für die Sensorbefehle.

Die IP-Einstellungen sowie der Datenport können jederzeit geändert werden:

- mittels Webbrowser. Geben Sie die aktuelle IP-Adresse in die Adresszeile ein. Über das Menü `Einstellungen` gelangen Sie in das Untermenü `Digitale Schnittstellen` und dann `Einstellungen Ethernet`. Hier können Sie eine neue IP-Adresse einstellen, DHCP aktivieren oder den Datenport verändern.
- über Softwarebefehle, siehe Kap. 6.4.
- mit der Software `SensorFinder`.

Wenn sie DHCP aktivieren, ist das Gerät im Netzwerk auch über seinen DHCP-Host-Namen erreichbar. Dieser setzt sich aus Gerätename und Seriennummer zusammen: NAME_SN (z.B. DT6530_1001).

Der Controller unterstützt UPnP. Wenn Sie über ein Betriebssystem verfügen, bei dem der UPnP-Dienst aktiviert ist, z. B. standardmäßig bei Windows 7, so wird der Controller auch automatisch im Explorer unter den Netzwerkgeräten gelistet und kann von hier aus angesprochen werden, z. B. wenn Sie die IP Adresse vergessen haben.

6.2 Datenformat der Messwerte

Ein Messwert setzt sich aus 4 aufeinander folgenden Bytes zusammen:

	MSB							LSB
	Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 4	Bit 5	Bit 6	Bit 7	Bit 8
1. Byte	1 (Start)	Kanalnummer (1 ... 8)			Vz-Bit	MSB		
2. Byte	0	24-Bit Messwert						
3. Byte	0							
4. Byte	0							LSB

VZ-Bit (0 = positive Zahlen, 1 = negative Zahlen bei Mathematikfunktionen)

Negative Zahlen werden im Zweierkomplement dargestellt.

Falls eine Mathematikfunktion aktiv ist, reduziert sich der Messwert bei diesem Kanal von 24 Bit auf 21 Bit. Die obersten 3 Bit dienen nun dazu, um Messwerte, die größer als der Messbereich sind, darzustellen (zum Beispiel, wenn zwei Messwerte addiert werden).

Standardmäßig werden die Messwerte kontinuierlich mit der jeweils eingestellten Datenrate über den Datenport ausgegeben. Es gibt aber auch einen Triggermodus, bei dem die einzelnen Messwerte abgefragt werden können, siehe Kap. 5.5.

6.3 Einstellungen

Betriebsarten:

- Dauersenden mit fest eingestellter Datenrate
- Triggermodus (Hardwaretriggereingang oder Einzelmesswerte abrufen, siehe Kap. 5.5

Datenrate:

Es können verschiedene Datenraten zwischen 2,5 Sa und 7,8 kSa (bzw. 3,9 kSa) eingestellt werden. Die Datenrate gilt für alle Kanäle.

Messwertmittelung:

Mittelung von 2 bis 8 Messwerte über

- gleitendes Mittel
- arithmetisches Mittel (nur jeder n-te Wert wird ausgegeben)
- Median

Die Einstellung für die Mittelung gilt für alle Kanäle.

Kanalauswahl:

Nur ausgewählte Kanäle werden übertragen.

Linearisierungsmöglichkeiten:

- Offsetkorrektur
- 2-Punkt-Linearisierung
- 3-Punkt-Linearisierung
- 5-Punkt-Linearisierung
- 10-Punkt-Linearisierung

Je Kanal können bis zu 10 Linearisierungspunkte aufgenommen werden. Diese liegen bei 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 %, 60 %, 70 %, 80 %, 90 % und 100 % vom Messbereich. Das heißt, der Sensor wird zum Beispiel auf 10 % vom Messbereich eingestellt, dann dieser Linearisierungspunkt (=Ist-Messwert an diesem Punkt) aufgenommen und daraus eine Korrekturgerade berechnet, so dass der linearisierte Messwert dem Soll-Messwert entspricht.

Für die Korrektur des Messbereichanfangs wird nur der Messwert bei 10 % vom Messbereich verwendet.

Die Korrekturgerade für die 2-Punkt-Linearisierung verwendet Stützpunkte bei 10 % und 90 % vom Messbereich.

Die beiden Korrekturgeraden bei der 3-Punkt-Linearisierung verwenden Stützpunkte bei 10 % und 50 %, 50 % und 90 % vom Messbereich.

Die vier Korrekturgeraden bei der 5-Punkt-Linearisierung verwenden Stützpunkte bei 10 % und 30 %, 30 % und 50 %, 50 % und 70 %, 70 % und 90 % vom Messbereich.

Die neun Korrekturgeraden bei der 10-Punkt-Linearisierung verwenden Stützpunkte bei 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 %, 60 %, 70 %, 80 %, 90 % und 100 % vom Messbereich.

Die Linearisierungsfunktion ermöglicht ein individuelles Einstellen

- von Messbereichsanfang und
- Steigung der Kennlinie (Verstärkung).

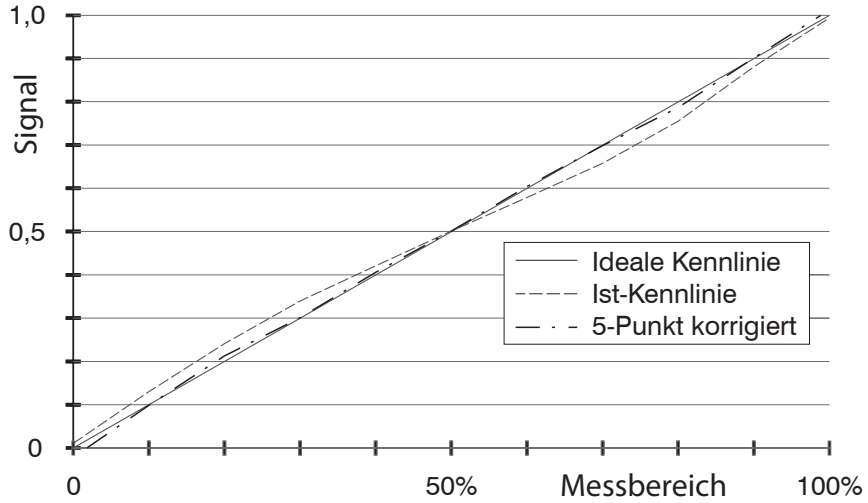


Abb. 32 Ausgangskennlinie für die Messung gegen einen Isolatorwerkstoff

i Die Software-Linearisierung wirkt nur auf die Werte (auch Mittelung), die über die Ethernet-Schnittstelle ausgegeben werden.

Mathematikfunktionen:

Zur Verrechnung mehrerer Kanäle miteinander.

6.4 Befehle

Alle Befehle werden über Port 23 (Telnet) gesendet. Jeder Befehl beginnt mit einem $-Zeichen, alle Zeichen die vor dem $-Zeichen gesendet wurden, werden vom Controller ignoriert.

Der Controller gibt alle gesendeten Zeichen sofort als Echo zurück.

Befehle werden im ASCII-Format übertragen.

Bis auf die Linearisierungsarten und -punkte, gelten die jeweiligen Einstellungen für alle acht Kanäle gleich.

Ein Timeout ist circa 10 s nach der letzten Zeicheneingabe erreicht.

Zwischen Kanalnummern steht immer ein Komma, zwischen Kanalnummer und einem zum Kanal gehörendem Parameter ein Doppelpunkt.

Mehrere aufeinander folgende verschiedene Parameter (bei Befehl STS und VER) sind durch Semikolon getrennt.

Befehle müssen mit <CR> oder <CRLF> enden.

6.4.1 Datenrate (SRA = Set Sample Rate)

Ändert die Datenrate für alle Kanäle, mit denen die Messwerte übertragen werden.

	SRA = Set Sample Rate
Befehl	$SRAn<CR>
Antwort	$SRAnOK<CRLF>
Index	n = 0...13
Abfrage der Datenrate	
Befehl	$SRA?<CR>
Antwort	$SRA?nOK<CRLF>

Index n	Datenrate
0	2,60 Sa/s
1	5,21 Sa/s
2	10,42 Sa/s
3	15,63 Sa/s
4	26,04 Sa/s
5	31,25 Sa/s
6	52,08 Sa/s
7	62,5 Sa/s
8	104,17 Sa/s
9	520,83 Sa/s
10	1041,67 Sa/s
11	2083,33 Sa/s
12	3906,25 Sa/s
13	7812,5 Sa/s
?	Abfrage der Datenrate

Abb. 33 Einstellbare Datenrate

Die maximale Datenrate von 7812 Sa/s ist möglich, wenn sich max. 4 Einschübe im Controller befinden. Diese müssen sich dann auf den ersten 4 Steckplätzen befinden. Bei mehr als vier Messkanälen beträgt die Datenrate 3,9 kSa/s.

6.4.2 Triggermodus (TRG)

Es können drei verschiedene Einstellmöglichkeiten für den Triggereingang vorgenommen werden, siehe Kap. 5.5.

Unabhängig vom eingestellten Triggermode kann auch über einen Softewarebefehl, siehe Kap. 6.4.3, ein einzelner Messwert pro Kanal abgefragt werden.

Ist der Triggermodus ausgeschaltet, so sendet das capaNCDT 6500 die Messwerte ununterbrochen mit der eingestellten Datenrate.

	TRG
Befehl	$TRGn<CR>
Antwort	$TRGnOK<CRLF>
Index	n = 0: Dauersenden (Standardeinstellung) n = 1: Triggermode 1 (rising edge) n = 2: Triggermode 2 (high level) n = 3: Triggermode 3 (gate rising edge) ? = Abfrage Triggerbetrieb
Abfrage Triggerbetrieb	
Befehl	$TRG?<CR>
Antwort	$TRG?nOK<CRLF>

6.4.3 Messwert holen (GMD = Get Measured Data)

Im Triggermodus wird pro Kanal ein Messwert übertragen

	GMD
Befehl	$GMD<CR>
Antwort	$GMDOK<CRLF> + Messwert in binärer Form (Format wie in der Betriebsart Dauersenden) über Datenport

6.4.4 Mittelungsart (AVT = Averaging Type)

Art der Messwertmittelung

	AVT
Befehl	$AVTn<CR>
Antwort	$AVTnOK<CRLF>
Index	n = 0: Keine Mittelwertbildung (Standardeinstellung) n = 1: Gleitender Mittelwert n = 2: Arithmetischer Mittelwert (gibt nur n-ten Messwert aus) n = 3: Median n = 4: Dynamische Rauschunterdrückung ? = Abfrage Mittelungsart
Abfrage Mittelungsart	
Befehl	$AVT?<CR>
Antwort	$AVT?nOK<CRLF>

Gleitender Mittelwert

Über die wählbare Anzahl N aufeinanderfolgender Messwerte wird der arithmetische Mittelwert M_{gl} nach folgender Formel gebildet und ausgegeben.

$$M_{gl} = \frac{\sum_{k=1}^{N} MW(k)}{N}$$

Abb. 34 Formel für gleitenden Mittelwert

MW = Messwert

N = Anzahl

k = Laufindex

M_{gl} = Mittelwert

Verfahren

Jeder neue Messwert wird hinzugenommen, der erste (älteste) Messwert aus der Mittelung wieder herausgenommen.

Beispiel mit N = 7:

.... 0 1 2 3 4 5 6 7 8 wird zu $\frac{2+3+4+5+6+7+8}{7}$ Mittelwert n

.... 1 2 3 4 5 6 7 8 9 wird zu $\frac{3+4+5+6+7+8+9}{7}$ Mittelwert n +1

Arithmetischer Mittelwert

Über die wählbare Anzahl N aufeinanderfolgender Messwerte wird der arithmetische Mittelwert M gebildet und ausgegeben.

Verfahren

Es werden Messwerte gesammelt und daraus der Mittelwert berechnet. Diese Methode führt zu einer Reduzierung der anfallenden Datenmenge, weil nur nach jedem N-ten Messwert ein Mittelwert ausgegeben wird.

Beispiel mit N = 3:

.... 0 1 [2 3 4] ... wird zu $\frac{2+3+4}{3}$ Mittelwert n

.... 3 4 [5 6 7] ... wird zu $\frac{5+6+7}{3}$ Mittelwert n + 1

Median

Aus einer vorgewählten Anzahl N von Messwerten wird der Median gebildet. Dazu werden die einlaufenden Messwerte nach jeder Messung neu sortiert. Der mittlere Wert wird danach als Median ausgegeben.

Wird für die Mittelungszahl N ein gerader Wert gewählt, so werden die mittleren beiden Messwerte addiert und durch zwei geteilt.

Beispiel mit N = 7:

... 2 4 [0 1 2 4 5 1 3] Messwert sortiert 0 1 1 [2] 3 4 5 Median $_n$ = 2

... 4 0 [1 2 4 5 1 3 4] Messwert sortiert 1 1 2 [3] 4 4 5 Median $_{n+1}$ = 3

6.4.5 Dynamische Rauschunterdrückung

Dieser Filter entfernt das Rauschen komplett, behält aber trotzdem die ursprüngliche Bandbreite des Messsignals bei. Dazu wird das Rauschen dynamisch berechnet und Messwertänderungen werden erst übernommen, wenn sie größer als dieses berechnete Rauschen sind. Dadurch können jedoch bei Richtungsänderungen des Messsignals kleine Hysterese-Effekte in der Größenordnung des berechneten Rauschens auftreten.

6.4.6 Mittelungszahl (AVN = Averaging Number)

Anzahl der Messwerte, über die eine Mittelung berechnet wird (einstellbar von 2 … 8)

	AVN
Befehl	$AVNn<CR>
Antwort	$AVNnOK<CRLF>
Index	n = 2 ... 8 ? = Abfrage Mittelungszahl
Abfrage Mittelungszahl	
Befehl	$AVN?<CR>
Antwort	$AVN?nOK<CRLF>

6.4.7 Kanalstatus (CHS = Channel Status)

Gibt der Reihe nach aufsteigend an, in welchen Kanälen sich ein Einschub befindet.
(0 = kein Kanal verfügbar, 1 = Kanal verfügbar, 2= Mathematikfunktion wird auf diesem Kanal ausgegeben)

	CHS
Befehl	$CHS<CR>
Antwort	$CHS1,0,2,1,1,1,0,0OK<CRLF>(Bsp.: Kanal 1,3,4,5,6 verfügbar, Kanal 3 mit Mathematikfunktion)

6.4.8 Kanäle übertragen (CHT = Channel Transmit)

Gibt die zu übertragenden Kanäle an.
(0 = Kanal nicht übertragen, 1 = Kanal übertragen)

	CHT
Befehl	zum Beispiel $CHT1,1,0,0,1,0,0,0<CR>
Antwort	$CHT1,1,0,0,1,0,0,0<CRLF>(Bsp.: Kanal 1,2 und 5 werden übertragen)
Abfrage Kanäle übertragen	
Befehl	$CHT?<CR>
Antwort	$CHT?1,1,0,0,1,0,0,0 OK<CRLF>

Angehängte Nullen können zur Vereinfachung weggelassen werden. Zum Beispiel kann $CHT1,0,0,1,0,0,0,0 durch $CHT1,0,0,1 ersetzt werden.

6.4.9 Linearisierungsart (LIN)

Gibt die Linearisierungsart für jeden Kanal an.

Hiermit kann die Linearisierungsart für jeden Kanal eingestellt werden. Der Index m steht für die Kanalnummer, der Index n für die Linearisierungsart.

	LIN
Befehl	$LINm:n<CR> (zum Beispiel: $LIN5:2<CR> = 2-Punkt-Linearisierung für Kanal 5)
Antwort	$LINm:nOK<CRLF>
Index m (Kanalnummer)	1 … 8
Index n (Linearisierungsart)	0 = keine Linearisierung (Standardeinstellung) 1 = Messbereichsanfang 2 = 2-Punkt-Linearisierung 3 = 3-Punkt-Linearisierung 4 = 5-Punkt-Linearisierung 5 = 10-Punkt-Linearisierung
Abfrage Linearisierungsart	
Befehl	$LIN?<CR>
Antwort	$LIN?n,n,n,n,n,n,n,nOK<CRLF> (n steht für die Linearisierungsart)

6.4.10 Linearisierungspunkt setzen (SLP = Set Linearisation Point)

Setzt einen Linearisierungspunkt.

Bringen Sie den Sensor beziehungsweise das Messobjekt an die entsprechende Position. Nach Erhalt des Befehls wird der aktuelle Messwert an dieser Position als Linearisierungspunkt aufgenommen und damit die Konstanten zur Linearisierung neu berechnet.

	SLP
Befehl	$SLPm:n<CR> (zum Bespiel: $SLP5:3<CR> = Linearisierungspunkt bei 30 % von Kanal 5)
Antwort	$SLPm:nOK<CRLF>
Index m (Kanalnummer)	1 ... 8
Index n (Linearisierungspunkt)	n (Linearisierungspunkt): 1 = Linearisierungspunkt bei 10 % vom Messbereich 2 = Linearisierungspunkt bei 20 % vom Messbereich 3 = Linearisierungspunkt bei 30 % vom Messbereich 4 = Linearisierungspunkt bei 40 % vom Messbereich 5 = Linearisierungspunkt bei 50 % vom Messbereich 6 = Linearisierungspunkt bei 60 % vom Messbereich 7 = Linearisierungspunkt bei 70 % vom Messbereich 8 = Linearisierungspunkt bei 80 % vom Messbereich 9 = Linearisierungspunkt bei 90 % vom Messbereich 10 = Linearisierungspunkt bei 100 % vom Messbereich

6.4.11 Linearisierungspunkt abfragen (GLP = Get Linearisation Point)

Liest den Linearisierungspunkt aus.

Der Wert wird als 6-stellige Zahl im Hex-Format ausgegeben (000000 bis FFFFFF).

	GLP
Befehl	$GLPm:n<CR> (zum Beispiel: $GLP5:3<CR> = Linearisierungs-punkt bei 30 % von Kanal 5)
Antwort	$GLPm:n,……OK<CRLF> (zum Beispiel $GLP5:3,A034C9OK<CRLF>)
Index	m (Kanalnummer): 1…8 n (Linearisierungspunkt): 1 = Linearisierungspunkt bei 10 % vom Messbereich 2 = Linearisierungspunkt bei 20 % vom Messbereich 3 = Linearisierungspunkt bei 30 % vom Messbereich 4 = Linearisierungspunkt bei 40 % vom Messbereich 5 = Linearisierungspunkt bei 50 % vom Messbereich 6 = Linearisierungspunkt bei 60 % vom Messbereich 7 = Linearisierungspunkt bei 70 % vom Messbereich 8 = Linearisierungspunkt bei 80 % vom Messbereich 9 = Linearisierungspunkt bei 90 % vom Messbereich 10 = Linearisierungspunkt bei 100 % vom Messbereich

6.4.12 Status (STS)

Liest alle Einstellungen auf einmal aus.

Die einzelnen Parameter sind durch ein Semikolon getrennt. Die Struktur der jeweiligen Antworten entspricht den der Einzelabfragen.

	STS
Befehl	$STS<CR>
Antwort	$STSSRAn;AVTn;AVNn;CHS…;CHT…;TRG.;LINn,n,n,n,n,n,n,n;DISa,bOK<CRLF>

6.4.13 Version (VER)

Abfrage der aktuellen Softwareversion mit Datum.

	VER
Befehl	$VER<CR>
Antwort	$VERDT6500;V0.9a;25.10.2007OK<CRLF>

6.4.14 Displayeinstellungen (DIS):

Gibt an,

- welche Werte im Display angezeigt werden (linearisierte oder nicht linearisierte Werte)
- welche Kanäle im Display aktualisiert werden.

	DIS
Befehl	$DISa,b<CR>
Antwort	$DISa,bOK<CRLF>
Index	a (Displayaktualisierung): 1 = Alle Kanäle werden aktualisiert (Standardeinstellung) 2 = nur die zu übertragenden Kanäle werden aktualisiert 0 = keine Kanäle werden aktualisiert b (Displaywerte): 0 = Nicht linearisierte Messwerte werden angezeigt (Standardeinstellung) 1 = Linearisierte Messwerte werden angezeigt
Abfrage Displayeinstellungen	
Befehl	$DIS?<CR>
Antwort	$DIS?a,bOK<CRLF>

6.4.15 Werkseinstellung laden (FDE)

Lädt die Werkseinstellung.

	FDE
Befehl	$FDE<CR>
Antwort	$FDESRAn;AVTn;AVNn;CHS...;CHT...;TRG.;LINn,n,n,n,n,n,n,n;DISa,bOK <CRLF>

Werkseinstellungen:

- Datenrate = 100 Sa
- Filter = Aus
- Linearisierung = Aus
- Kanäle übertragen = Alle
- Triggerbetrieb = Aus
- Display = Alle Kanäle, nicht linearisierte Messwerte
- Mathematikfunktionen = Aus

6.4.16 Mathematikfunktion setzen (SMF = Set Mathematic Function)

Legt eine Mathematikfunktion auf einem bestimmten Kanal fest.

	SMF	
Befehl	$SMFm:Offset,Faktor1,Faktor2,Faktor3,Faktor4,Faktor5,Faktor6,Faktor 7,Faktor8<CRLF>	
Antwort	$SMFm:Offset,Faktor1,Faktor2,Faktor3,Faktor4,Faktor5,Faktor6,Faktor 7,Faktor8OK<CRLF>	
Index	m: 1…8 (Kanalnummer)	Wird ein Kanal gewählt, der bereits mit einer Elektronik belegt ist, wird statt des Messwerts nun das Ergebnis der Mathematikfunktion übertragen.
	Offset	24-Bit-Offsetwert mit Vorzeichen im Hex-Format, wobei 21 Bit 100 % Messbereich entsprechen. Zahlen größer 21 Bit sind entsprechen größer (zum Beispiel +3FFFFF = entspricht 200 % des Messbereichs).
	Faktor1, ..., Faktor8	Multiplikationsfaktoren (inkl. Vorzeichen), mit denen die Messwerte von Kanal 1 bis 8 multipliziert werden. Wertebereich von -9.9 bis +9.9 mit einer Dezimalstelle. Aufbau der Faktoren: Vorzeichen und eine einstellige Zahl mit einer Dezimalstelle, Beispiel +3.4.

Beispiel: $SMF2:+1FFFFF,+1.0,+0.0,+0.0,-0.3,+8.8,+0.0,+0.0,+0.0<CRLF>
Auf Kanal 2 wird folgende Mathematikfunktion ausgegeben:

100 % Offset + 1 * Kanal 1 - 0,3 * Kanal 4 + 8,8 * Kanal 5

i Maximal können 3 Messwerte miteinander verrechnet werden, die anderen Faktoren müssen jeweils +0.0 sein.

Sobald eine Mathematikfunktion aktiv ist, ändert sich die Skalierung der Messwerte für diesen Kanal. 100 % Messbereich entsprechen nun 21 Bit anstatt 24 Bit. Ist das Ergebnis größer als 21 Bit, werden entsprechend die oberen 3 Bit dafür benutzt.

Wird eine Mathematikfunktion auf einen Kanal gesetzt, so ändert sich dessen Kanalstatus auf 2.

Das Ergebnis der Mathematikfunktion wird nur über die Ethernetschnittstelle ausgegeben, es wird nicht am Display des DD6530 angezeigt und auch nicht als analoges Signal ausgegeben.

6.4.17 Mathematikfunktion abfragen (GMF = Get Mathematic Function)

Liest die Mathematikfunktion eines Kanals aus.

	GMF	
Befehl	$GMFm<CRLF>	
Antwort	$GMFm:Offset,Faktor1,Faktor2,Faktor3,Faktor4,Faktor5,Faktor6,Faktor7,Faktor8OK<CRLF>	
Index	m: 1…8 (Kanalnummer)	Wird ein Kanal gewählt, der bereits mit einer Elektronik belegt ist, wird statt des Messwerts nun das Ergebnis der Mathematikfunktion übertragen.
	Offset	24-Bit-Offsetwert mit Vorzeichen im Hex-Format, wobei 21 Bit 100 % Messbereich entsprechen. Zahlen größer 21 Bit sind entsprechend größer (zum Beispiel +3FFFFF = entspricht 200 % des Messbereichs).
	Faktor1, ..., Faktor8	Multiplikationsfaktoren (inklusive Vorzeichen), mit denen die Messwerte von Kanal 1 bis 8 multipliziert werden. Wertebereich von -9.9 bis +9.9 mit einer Dezimalstelle. Aufbau der Faktoren: Vorzeichen und eine einstellige Zahl mit einer Dezimalstelle, Beispiel +3.4.

6.4.18 Mathematikfunktion löschen (CMF = Clear Mathematic Function)

Löscht die Mathematikfunktion auf einem Kanal.

	CMF
Befehl	$CMFm<CRLF>
Antwort	$CMFmOK<CRLF>
Index	m: 1…8 (Kanalnummer)

6.4.19 Etherneteinstellungen (IPS=IP-Settings)

Ändert die IP-Einstellungen des Controllers.

	IPS
Befehl	$IPSm,<IP-Adresse>,<Subnet-Adresse>,<Gateway-Adresse> <CRLF>
Beispiel	$IPS0,169.254.168.150,255.255.0.0,169.254.168.1<CRLF>
Antwort	$IPSm,<IP-Adresse>,<Subnet-Adresse>,<Gateway-Adresse>OK<CRLF>
Index	m = 0: statische IP-Adresse m = 1: aktiviert DHCP* * Wenn DHCP aktiviert wird, muss keine IP, Subnet- und Gateway- Adresse übertragen werden.
Abfrage Einstellungen	
Befehl	$IPS?
Antwort	$IPS? m,<IP-Adresse>,<Subnet-Adresse>,<Gateway-Adresse>OK<CRLF>

6.4.20 Zwischen Ethernet und EtherCAT wechseln (IFC=Interface)

Kommando schaltet zwischen Ethernet- und EtherCAT-Schnittstelle um. Wirkt nur, wenn sich der Schalter `Ethernet/EtherCAT` in der Stellung `ECAT/Auto` befindet. Ansonsten ist immer die Ethernetschnittstelle aktiviert. Die neue Schnittstelle ist erst nach einem Neustart des Controllers aktiv.

	IFC
Befehl	$IFCm<CRLF> Bsp: $IFC1<CRLF>
Antwort	$IFCmOK<CRLF>
Index	m = 0: Ethernet m = 1: EtherCAT
Abfrage	
Befehl	$IFC?
Antwort	$IFC?mOK<CRLF>

6.4.21 Datenport abfragen (GDP = Get Dataport)

Fragt die Portnummer des Datenports ab.

Befehl	$GDP<CRLF>
Antwort	$GDP<Portnummer>OK<CRLF> Bsp: $GDP10001OK<CRLF>

6.4.22 Datenport setzen (SDP=Set Dataport)

Setzt die Portnummer des Datenports. Wertebereich: 1024 ...65535.

Befehl	$SDP<Portnummer><CRLF> Bsp: $SDP10001OK<CRLF>
Antwort	$SDP<Portnummer>OK<CRLF>

6.4.23 Kanalinformationen abrufen (CHI = Channel info)

Liest kanalspezifische Informationen (z.B. Seriennummer des Einschubs) aus.

Befehl	$CHIm<CR>
Antwort	$CHIm:ANO...,NAM...,SNO...,OFS...,RNG...UNT...OK>CRLF
Index	m (Kanalnummer): 1 - 8 ANO = Artikelnummer NAM = Name SNO = Seriennummer OFS = Messbereichsoffset RNG = Messbereich UNT = Einheit des Messbereichs (z.B. µm)

6.4.24 Controllerinformationen abrufen (COI = Controller info)

Liest Informationen des Controllers (z.B. Seriennummer) aus.

Befehl	$COI<CR>
Antwort	$COIANO...,NAM...,SNO...,OPT...,VER...OK<CRLF>
Index	ANO = Artikelnummer NAM = Name SNO = Seriennummer OPT = Option VER = Softwareversion

6.4.25 Login für Webinterface (LGI = Login)

Ändert die Benutzerebene für das Webinterface auf `Experte`.

Befehl	$LGI<Passwort><CR>
Antwort	$LGI<Passwort><OK>CRLF
Index	Passwort = Passwort des Gerätes. Im Auslieferungszustand ist kein Passwort vergeben. Das Feld kann somit **leer** bleiben.

6.4.26 Logout für Webinterface (LGO = Logout)

Ändert die Benutzerebene für das Webinterface auf `Bediener`.

Befehl	$LGO<CR>
Antwort	$LGOOK<CRLF>

6.4.27 Passwort Ändern (PWD = Password)

Ändert das Passwort des Gerätes (wird für Webinterface und den SensorFinder benötigt).

Befehl	$PWD<oldpassword>,<newpassword>,<newpassword><CR>
Antwort	$PWD<oldpassword>,<newpassword>,<newpassword>OK<CRLF> Ein Passwort kann aus 0 - 16 Zeichen bestehen und darf nur Zahlen und Buchstaben enthalten. Im Auslieferungszustand ist kein Passwort vergeben, das Feld kann somit leer bleiben.

6.4.28 Sprache für das Webinterface ändern (LNG = Language)

Ändert die Sprache des Webinterface.

Befehl	$LNGn<CR>
Antwort	$LNGnOK<CRLF>
Index	0 = System 1 = Englisch 2 = Deutsch

6.4.29 Messbereichsinformation in Kanal schreiben (MRA = Measuring Range)

Ändert die Messbereichsinformation eines Kanals (z.B. bei einem Sensortausch). Diese Information wird z.B. für die richtige Skalierung der Messwerte im Webinterface benötigt. Der Wert ist in µm angegeben.

Es handelt sich dabei nur um einen Informationswert, d.h., durch das Ändern des Wertes wird der tatsächliche Messbereichs eines Sensors nicht verändert.

Befehl	$MRAm:<Range in µm><CR> (Bsp: $MRA2:2000<CR> setzt den Messbereich von Kanal 2 auf 2000 µm)
Antwort	$MRAm:<Range in µm>OK<CRLF
Index	m (Kanalnummer): 1 - 8

6.4.30 Fehlermeldungen

- Unbekannter Befehl: (ECHO) + $UNKNOWN COMMAND<CRLF>
- Falscher Parameter nach Befehl: (ECHO) + $WRONG PARAMETER<CRLF>
- Timeout (ca. 15 s nach letzter Eingabe) (ECHO) + $TIMEOUT<CRLF>
- Kein Kanal 1: $ERROR NO CH1<CRLF>
- Zu hohe Datenrate: $ERROR DATARATE TO HIGH<CRLF>
- Falsches Passwort: $WRONG PASSWORD<CRLF>

6.5 Bedienung mittels Ethernet

Im Controller werden dynamische Webseiten erzeugt, die die aktuellen Einstellungen des Controllers und der Peripherie enthalten. Die Bedienung ist nur so lange möglich, wie eine Ethernet-Verbindung zum Controller besteht.

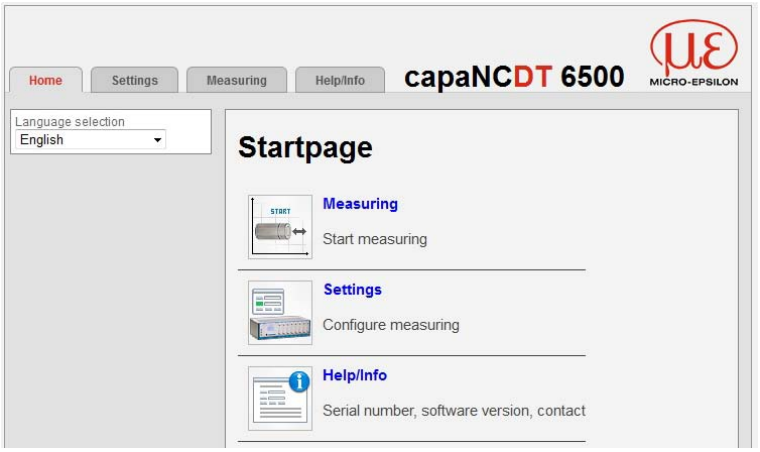
6.5.1 Voraussetzungen

Sie benötigen einen Webbrowser (zum Beispiel Mozilla Firefox ≥ 3 oder Internet Explorer 8) auf einem PC mit Netzwerkanschluss. Um eine einfache erste Inbetriebnahme des Controllers zu unterstützen, ist der Controller auf eine direkte Verbindung eingestellt. Falls Sie Ihren Browser so eingestellt haben, dass er über einen Proxy-Server ins Internet zugreift, fügen Sie bitte in den Einstellungen des Browsers die IP-Adresse des Controllers zu den IP-Adressen hinzu, die nicht über den Proxy-Server geleitet werden sollen. Die MAC-Adresse des Messgerätes finden Sie auf dem Typenschild des Controllers.

Für die grafische Darstellung der Messergebnisse muss im Browser „Java“ und „Javascript“ aktiviert und aktualisiert sein. Der PC benötigt Java (Version 6, ab Aktualisierung 12). Bezugsquelle: www.java.com > „JRE6 Update 12“.

<table>
<tr><td colspan="2">Direktverbindung mit PC, Contoller mit statischer IP (Werkseinstellung)</td><td>Netzwerk</td></tr>
<tr><td>PC mit statischer IP</td><td>PC mit DHCP</td><td>Controller mit dynamischer IP, PC mit DHCP</td></tr>
<tr><td colspan="2">➨ Verbinden Sie den Controller mit einem PC durch eine Ethernet-Direktverbindung (LAN). Verwenden Sie dazu ein LAN-Kabel mit RJ-45-Steckern.</td><td>➨ Verbinden Sie den Controller mit einem Switch durch eine Ethernet-Direktverbindung (LAN). Verwenden Sie dazu ein LAN-Kabel mit RJ-45-Steckern.</td></tr>
<tr><td>➨ Starten Sie das Programm SensorFinder. Dieses Programm finden Sie auf der mitgelieferten CD.
➨ Klicken Sie auf die Schaltfläche <code>Start Sensor Scan</code>. Wählen Sie nun den gewünschten Controller aus der Liste aus. Für das Ändern der Adresseinstellungen klicken Sie auf die Schaltfläche <code>Open IP-Config</code>.
• Address type: static IP-Address
• IP address: 169.254.168.150 [1]
• Subnet mask: 255.255.0.0
➨ Klicken Sie auf die Schaltfläche <code>Transfer IP Settings to Sensor</code>, um die Änderungen an den Controller zu übertragen.
➨ Klicken Sie auf die Schaltfläche <code>Open Web Interface</code>, um den Controller mit Ihrem Standardbrowser zu verbinden.
1) Setzt voraus, dass die LAN-Verbindung am PC z. B. folgende IP-Adresse benutzt: 169.254.168.1.</td><td>Warten Sie, bis Windows eine Netzwerkverbindung etabliert hat (Verbindung mit eingeschränkter Konnektivität).
➨ Starten Sie das Programm SensorFinder. Dieses Programm finden Sie auf der mitgelieferten CD.
➨ Klicken Sie auf die Schaltfläche <code>Start Sensor Scan</code>. Wählen Sie nun den gewünschten Controller aus der Liste aus.
➨ Klicken Sie auf die Schaltfläche <code>Open Web Interface</code>, um den Controller mit Ihrem Standardbrowser zu verbinden.</td><td>➨ Tragen Sie den Controller im DHCP ein / melden den Controller Ihrer IT-Abteilung.
Der Controller bekommt von Ihrem DHCP-Server eine IP-Adresse zugewiesen. Diese IP-Adresse können Sie mit dem Programm SensorFinder abfragen.
➨ Starten Sie das Programm SensorFinder. Dieses Programm finden Sie auf der mitgelieferten CD.
➨ Klicken Sie auf die Schaltfläche <code>Start Sensor Scan</code>. Wählen Sie nun den gewünschten Controller aus der Liste aus.
➨ Klicken Sie auf die Schaltfläche <code>Open Web Interface,</code> um den Controller mit Ihrem Standardbrowser zu verbinden.
Alternativ: Wenn DHCP benutzt wird und der DHCP-Server mit dem DNS-Server gekoppelt ist, dann ist ein Zugriff auf den Contoller über einen Hostnamen der Struktur „DT6530_<Seriennummer>“ möglich.
➨ Starten Sie einen Webbrowser auf Ihrem PC. Um einen Controller mit der Seriennummer „01234567“ zu erreichen, tippen Sie in die Adresszeile des Webbrowsers „DT6530_01234567“ ein.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Im Webbrowser erscheinen nun interaktive Webseiten zur Einstellung von Controller und Peripherie.</td></tr>
</table>

6.5.2 Zugriff über Webinterface



In der oberen Navigationsleiste sind weitere Hilfsfunktionen (z. B. Setting) erreichbar. Alle Einstellungen in der Webseite werden sofort, nach Drücken der Schaltfläche Übernehmen, im Controller ausgeführt.

Abb. 35 Erste interaktive Webseite nach Aufruf der IP-Adresse

Die parallele Bedienung über Webbrowser und Telnet-Befehle ist möglich; die letzte Einstellung gilt.

Das Aussehen der Webseiten kann sich abhängig von den Funktionen und der Peripherie ändern. Jede Seite enthält Beschreibungen der Parameter und damit Tipps zum Konfigurieren des Controllers.

7. EtherCAT-Schnittstelle

7.1 Einleitung

Die EtherCAT-Schnittstelle ermöglicht eine schnelle Übertragung der Messwerte. Im Controller ist CANopen over EtherCAT (CoE) implementiert.

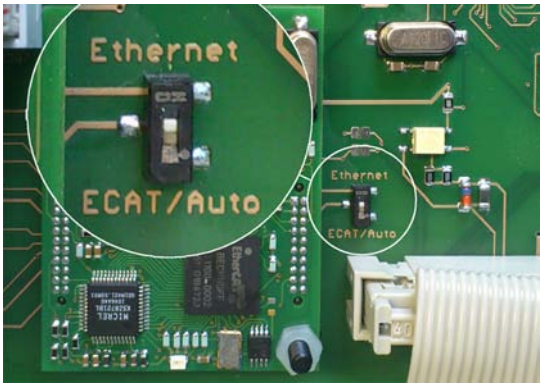
Service-Daten-Objekte SDO: Alle Parameter des Controllers können damit gelesen oder verändert werden.

Prozess-Daten-Objekte PDO: Ein PDO-Telegramm dient zur echtzeitfähigen Übertragung von Messwerten. Hier werden keine einzelnen Objekte adressiert, sondern direkt die Inhalte der zuvor ausgewählten Daten gesendet.

Die Abstandswerte werden als 32 Bit signed Integer-Werte übertragen.

7.2 Wechsel der Schnittstelle

Die Umschaltung zur EtherCAT-Schnittstelle über das Webinterface oder einem Befehl erfolgt nicht sofort, sondern erst nach einem Neustart des Controllers. Beachten Sie dabei auch, dass die Schalterstellung des EtherCAT-Schalters in der richtigen Position ist, siehe Abb. 36.



Schalterposition	Erklärung
Ethernet	Unabhängig von der Softwareeinstellung ist immer die Ethernetschnittstelle aktiv.
ECAT/Auto	Schnittstelle aktiv, die per Webinterface oder Befehl eingestellt ist.

Abb. 36 Schalter für den Wechsel der Schnittstelle

Ein Wechsel von der EtherCAT-Schnittstelle wieder zu Ethernet ist mit dem Hardwareschalter auf dem Displayeinschub DD6530 oder über das entsprechende CoE-Object möglich. In beiden Fällen ist anschließend ein Neustart des Controllers erforderlich.

Zum Einbinden der EtherCAT-Schnittstelle z.B. in TwinCAT liegt ein ESI-file bei.

Weitere Details finden Sie im Anhang, siehe Kap. A 5.

8. Betrieb und Wartung

⚠ VORSICHT

Unterbrechen Sie vor Berührung der Sensoroberfläche die Spannungsversorgung.

> statische Entladung

> Verletzungsgefahr

Beachten Sie bitte bei Betrieb und Wartung folgende Grundsätze:

- Stellen Sie sicher, dass die Sensoroberfläche stets sauber ist.
- Schalten Sie vor der Reinigung die Versorgungsspannung ab.
- Reinigen Sie mit einem feuchten Tuch und reiben Sie die Sensoroberfläche anschließend trocken.

Bei Änderung des Messobjekts oder bei sehr langen Betriebszeiträumen kann es zu leichten Einbußen der Betriebsqualität kommen. Diese Langzeitfehler können Sie durch Nachkalibrieren beseitigen, siehe Kap. 5.3, siehe Kap. 5.4.

Bei Störungen, deren Ursachen nicht eindeutig erkennbar sind, senden Sie immer das gesamte Messsystem ein.

Bei einem Defekt des Controllers, des Sensors, des Vorverstärkers oder des Sensor- und Vorverstärkerkabels senden Sie die betreffenden Teile zur Reparatur oder zum Austausch an

MICRO-EPSILON MESSTECHNIK
GmbH & Co. KG
Königbacher Straße 15
94496 Ortenburg / Deutschland

9. Haftung für Sachmängel

Alle Komponenten des Gerätes wurden im Werk auf die Funktionsfähigkeit hin überprüft und getestet.

Sollten jedoch trotz sorgfältiger Qualitätskontrolle Fehler auftreten, so sind diese umgehend an MICRO-EPSILON oder den Händler zu melden.

Die Haftung für Sachmängel beträgt 12 Monate ab Lieferung. Innerhalb dieser Zeit werden fehlerhafte Teile, ausgenommen Verschleißteile, kostenlos instand gesetzt oder ausgetauscht, wenn das Gerät kostenfrei an MICRO-EPSILON eingeschickt wird.

Nicht unter die Haftung für Sachmängel fallen solche Schäden, die durch unsachgemäße Behandlung oder Gewalteinwirkung entstanden oder auf Reparaturen oder Veränderungen durch Dritte zurückzuführen sind.

Für Reparaturen ist ausschließlich MICRO-EPSILON zuständig.

Weitergehende Ansprüche können nicht geltend gemacht werden. Die Ansprüche aus dem Kaufvertrag bleiben hierdurch unberührt.

MICRO-EPSILON haftet insbesondere nicht für etwaige Folgeschäden.

Im Interesse der Weiterentwicklung behalten wir uns das Recht auf Konstruktionsänderungen vor.

10. Außerbetriebnahme, Entsorgung

- Entfernen Sie die elektrischen Anschlussleitungen zwischen Sensor und Controller.

Das capaNCDT 6500 ist entsprechend der Richtlinie 2011/65/EU, “RoHS“, gefertigt.

- Die Entsorgung ist entsprechend den gesetzlichen Bestimmungen durchzuführen (siehe Richtlinie 2002/96/EG).

Anhang

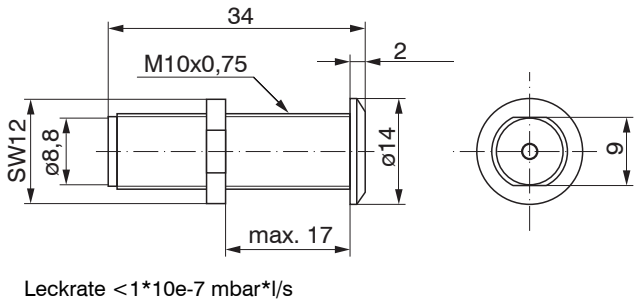
A 1 Optionales Zubehör

MC2,5	Mikrometer-Kalibriervorrichtung, Einstellbereich 0 - 2,5 mm, Ablesung 0,1 µm, für Sensoren S 601-0,05 bis CS 2
MC25D	Digitale Mikrometer-Kalibriervorrichtung, Einstellbereich 0 - 25 mm, verstellbarer Nullpunkt, für alle Sensoren
SC6000-x	Synchronisationskabel, Kabellänge x = 0,3 oder 1 m
DO6510	Analogausgangskarte, 3 Kanäle mit 0 ... 10 V, ±5 V oder 4 ... 20 mA Digitale Auflösung 16 bit

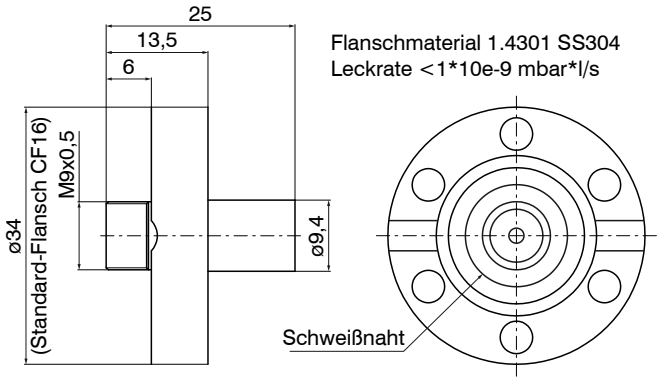
Vakuumdurchführungen

Alle Vakuumdurchführungen sind kompatibel zu den Steckern Typ B, siehe Kap. 4.3

Abmessungen in mm, nicht maßstabsgetreu.



Vakuumdurchführung SWH-OS-650



Vakuumdurchführung UHV/B mit CF 16-Flansch

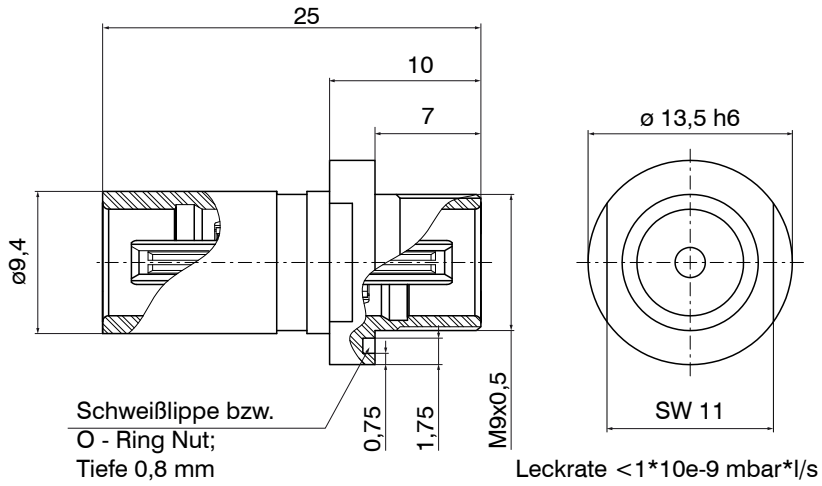


Abb. 37 Vakuumdurchführung UHV/B zum Einschweißen

A 2 Serviceleistungen

Funktions- und Linearitätsprüfung, inklusive 11-Punkte-Protokoll mit grafischer Darstellung und Nachkalibrierung.

A 3 Werkseinstellung

- Datenrate = 100 Sa/s
- Filter = Aus
- Linearisierung = Aus
- Kanäle übertragen = Alle
- Triggerbetrieb = Aus
- Display = Alle Kanäle, nicht linearisierte Messwerte
- Mathematikfunktionen = Aus

A 4 Einfluss von Verkippung des kapazitiven Sensors

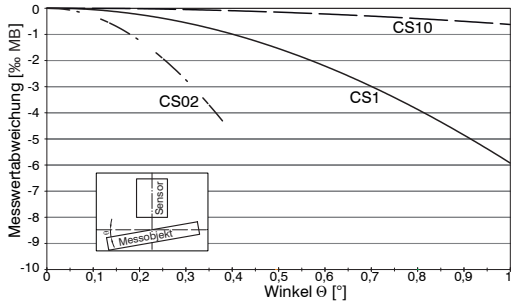


Abb. 38 Exemplarische Messbereichsabweichung bei einem Sensorabstand von 10 % des Messbereichs

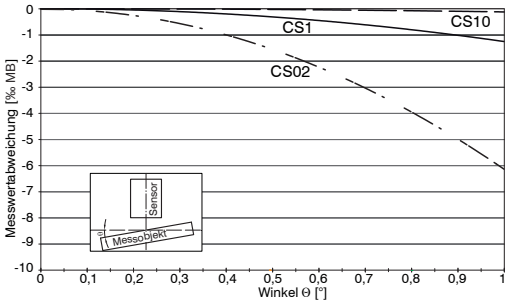


Abb. 39 Exemplarische Messbereichsabweichung bei einem Sensorabstand von 50 % des Messbereichs

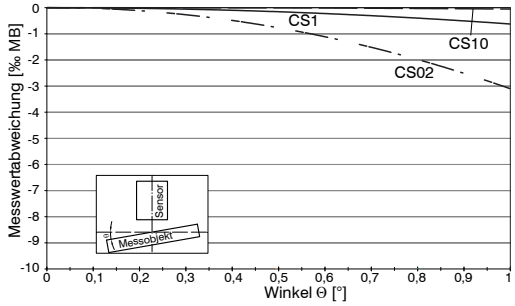


Abb. 40 Exemplarische Messbereichsabweichung bei einem Sensorabstand von 100 % des Messbereichs

i Die Abbildungen zeigen die exemplarische Darstellung des Einflusses am Beispiel der Sensoren CS02/CS1 und CS10 bei unterschiedlichen Sensorabständen zum Messobjekt. Die Ergebnisse stammen aus firmeninternen Simulationen und Berechnungen; bitte fordern Sie detaillierte Informationen an.

A 4.1 Messung auf schmale Messobjekte

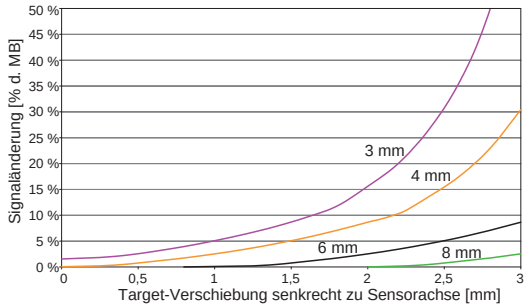


Abb. 41 Exemplarische Messbereichsabweichung bei einem Sensorabstand von 10 % des Messbereichs

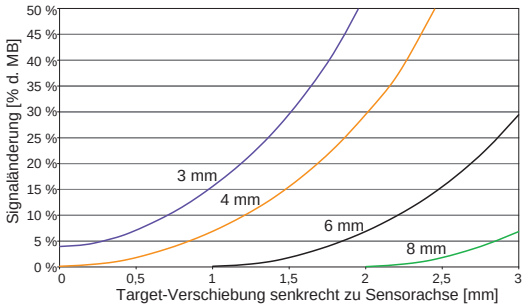


Abb. 42 Exemplarische Messbereichsabweichung bei einem Sensorabstand von 50 % des Messbereichs

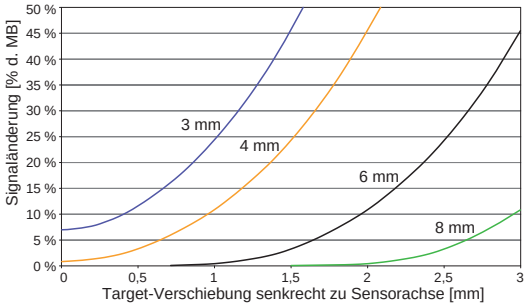


Abb. 43 Exemplarische Messbereichsabweichung bei einem Sensorabstand von 100 % des Messbereichs

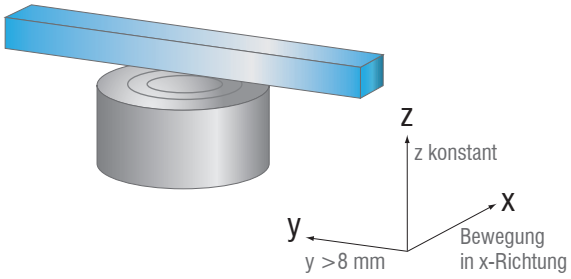


Abb. 44 Signaländerung bei Verschiebung von dünnen Messobjekten quer zur Messrichtung

i Die Abbildungen zeigen die exemplarische Darstellung des Einflusses am Beispiel des Sensors CS05 bei unterschiedlichen Sensorabständen zum Messobjekt und unterschiedlichen Messobjektbreiten. Die Ergebnisse stammen aus firmeninternen Simulationen und Berechnungen; bitte fordern Sie detaillierte Informationen an.

A 4.2 Messung auf Kugeln und Wellen

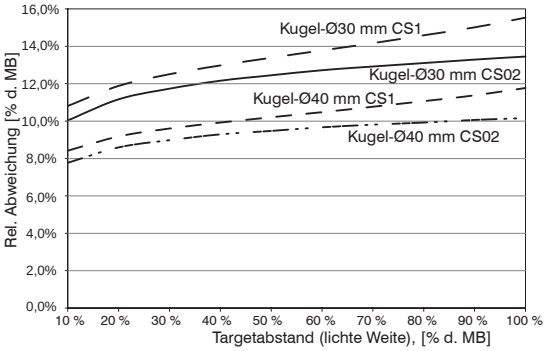


Abb. 45 Messwertabweichung bei Messung auf kugelförmige Messobjekte

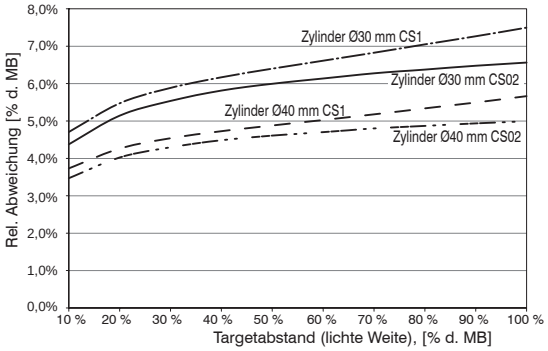


Abb. 46 Messwertabweichung bei Messung auf zylindrische Messobjekte

i Die Abbildungen zeigen die exemplarische Darstellung des Einflusses am Beispiel des Sensors CS05 und CS1 bei unterschiedlichen Sensorabständen zum Messobjekt und unterschiedlichen Objektdurchmessern. Die Ergebnisse stammen aus firmeninternen Simulationen und Berechnungen; bitte fordern Sie detaillierte Informationen an.

A 5 EtherCAT-Dokumentation

EtherCAT® ist aus Sicht des Ethernet ein einzelner großer Ethernet-Teilnehmer, der Ethernet-Telegramme sendet und empfängt. Ein solches EtherCAT-System besteht aus einem EtherCAT-Master und bis zu 65535 EtherCAT-Slaves.

Master und Slaves kommunizieren über eine standardmäßige Ethernet-Verkabelung. In jedem Slave kommt eine On-the-fly-Verarbeitungshardware zum Einsatz. Die eingehenden Ethernetframes werden von der Hardware direkt verarbeitet. Relevante Daten werden aus dem Frame extrahiert bzw. eingesetzt. Der Frame wird danach zum nächsten EtherCAT®-Slave-Gerät weitergesendet. Vom letzten Slave- Gerät wird der vollständig verarbeitete Frame zurückgesendet. In der Anwendungsebene können verschiedene Protokolle verwendet werden. Unterstützt wird hier die CANopen over EtherCAT-Technology (CoE). Im CANopen- Protokoll wird eine Objektverzeichnisstruktur mit Servicedatenobjekten (SDO) und Prozessdatenobjekte (PDO) verwendet, um die Daten zu verwalten. Weitergehende Informationen erhalten Sie von der ® Technology Group (www.ethercat.org) bzw. Beckhoff GmbH, (www.beckhoff.com).

A 5.1 Einleitung

A 5.1.1 Struktur von EtherCAT®-Frames

Die Übertragung der Daten geschieht in Ethernet- Frames mit einem speziellen Ether-Type (0x88A4). Solch ein EtherCAT®-Frame besteht aus einem oder mehreren EtherCAT®-Telegrammen, welche jeweils an einzelne Slaves / Speicherbereiche adressiert sind. Die Telegramme werden entweder direkt im Datenbereich des Ethernetframes oder im Datenbereich des UDP-Datagrams übertragen. Ein EtherCAT®-Telegramm besteht aus einen EtherCAT®-Header, dem Datenbereich und dem Arbeitszähler (WC). Der Arbeitszähler wird von jedem adressierten EtherCAT®-Slave hochgezählt, der zugehörige Daten ausgetauscht hat.

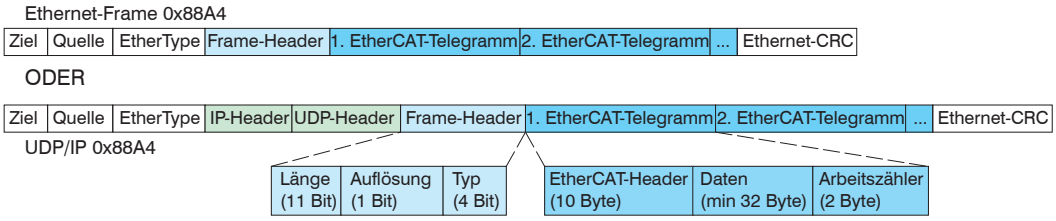


Abb. 47 Aufbau von EtherCAT-Frames

A 5.1.2 EtherCAT®-Dienste

In EtherCAT® sind Dienste für das Lesen und Schreiben von Daten im physikalischen Speicher innerhalb der Slave Hardware spezifiziert. Durch die Slave Hardware werden folgende EtherCAT®-Dienste unterstützt:

- APRD (Autoincrement physical read, Lesen eines physikalischen Bereiches mit Autoincrement-Adressierung)
- APWR (Autoincrement physical write, Schreiben eines physikalischen Bereiches mit Auto-Inkrement-Adressierung)
- APRW (Autoincrement physical read write, Lesen und Schreiben eines physikalischen Bereiches mit Auto-Inkrement-Adressierung)
- FPRD (Configured address read, Lesen eines physikalischen Bereiches mit Fixed-Adressierung)
- FPWR (Configured address write, Schreiben eines physikalischen Bereiches mit Fixed-Adressierung)
- FPRW (Configured address read write, Lesen und Schreiben eines physikalischen Bereiches mit Fixed-Adressierung)
- BRD (Broadcast read, Broadcast-Lesen eines physikalischen Bereiches bei allen Slaves)
- BWR (Broadcast write, Broadcast-Schreiben eines physikalischen Bereiches bei allen Slaves)
- LRD (Logical read, Lesen eines logischen Speicherbereiches)

- LWR (Logical write, Schreiben eines logischen Speicherbereiches)
- LRW (Logical read write, Lesen und Schreiben eines logischen Speicherbereiches)
- ARMW (Auto increment physical read multiple write, Lesen eines physikalischen Bereiches mit Auto-Increment-Adressierung, mehrfaches Schreiben)
- FRMW (Configured address read multiple write, Lesen eines physikalischen Bereiches mit Fixed-Adressierung, mehrfaches Schreiben)

A 5.1.3 Adressierverfahren und FMMUs

Um einen Slave im EtherCAT®-System zu adressieren, können vom Master verschiedene Verfahren angewendet werden. Das DT6530 unterstützt als Full-Slave:

- Positionsadressierung
  Das Slave-Gerät wird über seine physikalische Position im EtherCAT®-Segment adressiert.
  Die verwendeten Dienste hierfür sind APRD, APWR, APRW.
- Knotenadressierung
  Das Slave-Gerät wird über eine konfigurierte Knotenadresse adressiert, die vom Master während der Inbetriebnahmephase zugewiesen wurde. Die verwendeten Dienste hierfür sind FPRD, FPWR und FPRW.
- Logische Adressierung
  Die Slaves werden nicht einzeln adressiert; stattdessen wird ein Abschnitt der segmentweiten logischen 4-GB-Adresse adressiert. Dieser Abschnitt kann von einer Reihe von Slaves verwendet werden.
  Die verwendeten Dienste hierfür sind LRD, LWR und LRW.

Die lokale Zuordnung von physikalischen Slave-Speicheradressen und logischen segmentweiten Adressen wird durch die Fieldbus Memory Management Units (FMMUs) vorgenommen. Die Konfiguration der Slave-FMMU's wird vom Master durchgeführt. Die FMMU Konfiguration enthält eine Startadresse des physikalischen Speichers im Slave, eine logische Startadresse im globalen Adressraum, Länge und Typ der Daten, sowie die Richtung (Eingang oder Ausgang) der Prozessdaten.

A 5.1.4 Sync Manager

Sync-Manager dienen der Datenkonsistenz beim Datenaustausch zwischen EtherCAT®-Master und Slave. Jeder Sync-Manager-Kanal definiert einen Bereich des Anwendungsspeichers. Das DT6530 besitzt vier Kanäle:

- Sync-Manager-Kanal 0: Sync Manager 0 wird für Mailbox-Schreibübertragungen verwendet (Mailbox vom Master zum Slave).
- Sync-Manager-Kanal 1: Sync Manager 1 wird für Mailbox-Leseübertragungen verwendet (Mailbox vom Slave zum Master).
- Sync-Manager-Kanal 2: Sync Manager 2 wird normalerweise für Prozess-Ausgangsdaten verwendet. Im Sensor nicht benutzt.
- Sync-Manager-Kanal 3: Sync Manager 3 wird für Prozess-Eingangsdaten verwendet. Er enthält die Tx PDOs, die vom PDO-Zuweisungsobjekt 0x1C13 (hex.) spezifiziert werden.

A 5.1.5 EtherCAT-Zustandsmaschine

In jedem EtherCAT®-Slave ist die EtherCAT®-Zustandsmaschine implementiert. Direkt nach dem Einschalten des Controllers befindet sich die Zustandsmaschine im Zustand “Initialization“. In diesem Zustand hat der Master Zugriff auf die DLL-Information Register der Slave Hardware. Die Mailbox ist noch nicht initialisiert, d.h. eine Kommunikation mit der Applikation (Sensorsoftware) ist noch nicht möglich. Beim Übergang in den Pre-Operational-Zustand werden die Sync-Manager-Kanäle für die Mailboxkommunikation konfiguriert. Im Zustand „Pre-Operational“ ist die Kommunikation über die Mailbox möglich und es kann auf das Objektverzeichnis und seine Objekte zugegriffen werden. In diesem Zustand findet noch keine Prozessdatenkommunikation statt. Beim Übergang in den „Safe-Operational“-Zustand wird vom Master das Prozessdaten-Mapping, der Sync-Manager- Kanal der Prozesseingänge und die zugehörige FMMU konfiguriert. Im „Safe-Operational“-Zustand ist weiterhin die Mailboxkommunikation möglich. Die Prozessdatenkommunikation läuft für die Eingänge. Die Ausgänge befinden sich im „sicheren“ Zustand. Im „Operational“-Zustand läuft die Prozessdatenkommunikation sowohl für die Eingänge als auch für die Ausgänge.

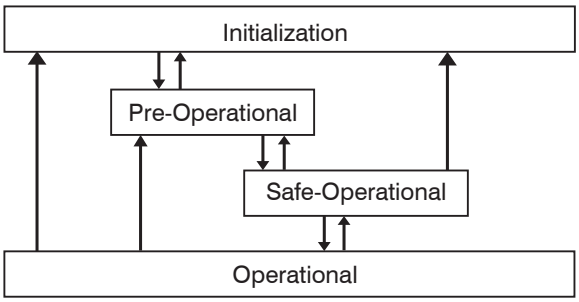


Abb. 48 EtherCAT State Machine

A 5.1.6 CANopen über EtherCAT

Das Anwendungsschicht-Kommunikationsprotokoll in EtherCAT basiert auf dem Kommunikationsprofil CANopen DS 301 und wird als „CANopen over EtherCAT“ oder CoE bezeichnet. Das Protokoll spezifiziert das Objektverzeichnis im Sensor sowie Kommunikationsobjekte für den Austausch von Prozessdaten und azyklischen Meldungen. Der Sensor verwendet die folgenden Meldungstypen:

- Process Data Object (PDO) (Prozessdatenobjekt). Das PDO wird für die zyklische E/A Kommunikation verwendet, also für Prozessdaten.
- Service Data Object (SDO) (Servicedatenobjekt). Das SDO wird für die azyklische Datenübertragung verwendet.

Das Objektverzeichnis wird in Kapitel CoE-Objektverzeichnis beschrieben.

A 5.1.7 Prozessdaten PDO-Mapping

Prozessdatenobjekte (PDOs) werden für den Austausch von zeitkritischen Prozessdaten zwischen Master und Slave verwendet. Tx PDOs werden für die Übertragung von Daten vom Slave zum Master verwendet (Eingänge). Rx PDOs werden verwendet, um Daten vom Master zum Slave (Ausgänge) zu übertragen; dies wird im capaNCDT 6500 nicht verwendet. Die PDO Abbildung (Mapping) definiert, welche Anwendungsobjekte (Messdaten) in einem PDO übertragen werden. Das capaNCDT 6500 besitzt ein Tx PDO für die Messdaten. Als Prozessdaten stehen folgende Messwerte zur Verfügung:

- Counter Messwertzähler (32 Bit)
- Channel 1 Abstandswert Kanal 1
- Channel 2 Abstandswert Kanal 2
- Channel 3 Abstandswert Kanal 3
- Channel 4 Abstandswert Kanal 4
- Channel 5 Abstandswert Kanal 5
- Channel 6 Abstandswert Kanal 6
- Channel 7 Abstandswert Kanal 7
- Channel 8 Abstandswert Kanal 8

A 5.1.8 Servicedaten SDO-Service

Servicedatenobjekte (SDO's) werden hauptsächlich für die Übertragung von nicht zeitkritischen Daten, zum Beispiel Parameterwerten, verwendet. EtherCAT spezifiziert sowohl SDO-Dienste als auch SDO-Informationsdienste: SDO-Dienste ermöglichen den Lese-/Schreibzugriff auf Einträge im CoE-Objektverzeichnis des Geräts. SDO-Informationsdienste ermöglichen das Lesen des Objektverzeichnisses selbst und den Zugriff auf die Eigenschaften der Objekte. Alle Parameter des Messgerätes können damit gelesen oder verändert, oder Messwerte übermittelt werden. Ein gewünschter Parameter wird durch Index und Subindex innerhalb des Objektverzeichnisses adressiert.

A 5.2 CoE – Objektverzeichnis

Das CoE-Objektverzeichnis (CANopen over EtherCAT) enthält alle Konfigurationsdaten des Sensors. Die Objekte im CoE-Objektverzeichnis können mit SDO-Diensten aufgerufen werden. Jedes Objekt wird anhand eines 16-Bit-Index adressiert.

A 5.2.1 Kommunikationsspezifische Standard-Objekte (CiA DS-301)

Übersicht

Index (h)	Name	Beschreibung
1000	Device type	Gerätetyp
1001	Error register	Fehlerregister
1008	Device name	Hersteller-Gerätename
1009	Hardware version	Hardware-Version
100A	Software version	Software-Version
1018	Identity	Geräte-Identifikation
1A00	TxPDO Mapping	TxPDO Mapping
1C00	Sync. manager type	Synchronmanagertyp
1C13	TxPDO assign	TxPDO assign

Objekt 1000h: Gerätetyp

1000	VAR	Device type	0x00200000	Unsigned32	ro

Liefert Informationen über das verwendete Geräteprofil und den Gerätetyp.

Objekt 1001h: Fehlerregister

1001	VAR	Error register	0x00	Unsigned8	ro

Objekt 1008h: Hersteller-Gerätename

1008	VAR	Device name	DT6530	Visible String	ro

Objekt 1009h: Hardware-Version

1009	VAR	Hardware version	V x.xxx	Visible String	ro

Objekt 100Ah: Software-Version

100A	VAR	Software version	V x.xxx	Visible String	ro

Objekt 1018h: Geräte-Identifikation

1018	RECORD	Identity			
Subindizes					
0	VAR	Anzahl Einträge	4	Unsigned8	ro
1	VAR	Vendor ID	0x0000065E	Unsigned32	ro
2	VAR	Product-Code	0x003EDE73	Unsigned32	ro
3	VAR	Revision	0x00010000	Unsigned32	ro
4	VAR	Serial number	0x009A4435	Unsigned32	ro

Im Product-Code ist die Artikelnummer, in Serial number die Seriennummer des Sensors hinterlegt.

Objekt 1A00h: TxPDO Mapping

1A00	RECORD	TxPDO Mapping			
Subindizes					
0	VAR	Anzahl Einträge	10	Unsigned8	ro
1	VAR	Subindex 001	0x0000:00	Unsigned32	ro
2	VAR	Subindex 002	0x6020:03	Unsigned32	ro
3	VAR	Subindex 003	0x6020:08	Unsigned32	ro
3	VAR	Subindex 004	0x6020:09	Unsigned32	ro
4	VAR	Subindex 005	0x6020:0A	Unsigned32	ro
6	VAR	Subindex 006	0x6020:0B	Unsigned32	ro
7	VAR	Subindex 007	0x6020:0C	Unsigned32	ro
8	VAR	Subindex 008	0x6020:0D	Unsigned32	ro
9	VAR	Subindex 009	0x6020:0E	Unsigned32	ro
10	VAR	Subindex 0010	0x6020:0F	Unsigned32	ro

Objekt 1C13h: TxPDO assign

1C13	RECORD	TxPDO assign			
Subindizes					
0	VAR	Anzahl Einträge	1	Unsigned8	ro
1	VAR	Subindex 001	0x1A00	Unsigned16	ro

A 5.2.2 Herstellerspezifische Objekte

Übersicht

Index (h)	Name	Beschreibung
2010	Controller Info	Controller-Informationen
2020	Channel 1 Info	Information und Einstellungen von Kanal 1
2021	Channel 2 Info	Information und Einstellungen von Kanal 2
2022	Channel 3 Info	Information und Einstellungen von Kanal 3
2023	Channel 4 Info	Information und Einstellungen von Kanal 4
2024	Channel 5 Info	Information und Einstellungen von Kanal 5
2025	Channel 6 Info	Information und Einstellungen von Kanal 6
2026	Channel 7 Info	Information und Einstellungen von Kanal 7
2027	Channel 8 Info	Information und Einstellungen von Kanal 8
2060	Controller Settings	Controller-Einstellungen
2100	Controller Interface	Ethernet/EtherCAT-Einstellungen
2200	Commands	Kommandos
6020	Measuring values	Messwerte

Objekt 2010h: Controller-Informationen

2010	RECORD	Controller Info			ro

Subindizes

0	VAR	Anzahl Einträge	5	Unsigned8	ro
1	VAR	Name	DT6530	Visible String	ro
2	VAR	Serial No	xxxxxxxx	Unsigned32	ro
3	VAR	Article No	xxxxxxx	Unsigned32	ro
4	VAR	Option No	xxx	Unsigned32	ro
5	VAR	Software version	xxx	Visible String	ro

Objekt 2020h: Channel Information

2020	RECORD	Channel 1 Info			ro

Subindizes

0	VAR	Anzahl Einträge	16	Unsigned8	ro
1	VAR	Name	DL6500	Visible String	ro
2	VAR	Serial No	xxxxxxxx	Unsigned32	ro
5	VAR	Status	Active	Enum	ro
7	VAR	Range	100	Unsigned32	rw
8	VAR	Unit	µm	Enum	ro
11	VAR	Dataformat zero value	0	Signed32	ro
12	VAR	Dataformat end value	16777215	Signed32	ro
16	VAR	Linearization	Off	Enum	ro

Der Aufbau der Objekte 2021h bis 2027h entspricht dem Objekt 2020h.

Objekt 2060h: Controller Settings

2060	RECORD	Controller Settings			ro

Subindizes

0	VAR	Anzahl Einträge	4	Unsigned8	ro
1	VAR	Samplerate	2083,3 Hz	Enum	rw
2	VAR	Averaging type	Off	Enum	rw
3	VAR	Averaging number	2	Enum	rw
4	VAR	Trigger	Off	Enum	rw

Objekt 2100h: Controller Interface

2100	RECORD	Controller Interface			ro

Subindizes

0	VAR	Anzahl Einträge	7	Unsigned8	ro
1	VAR	Ethernet/EtherCAT	EtherCAT	Enum	rw
3	VAR	Ethernet Adresstyp	Static	Enum	rw
4	VAR	Ethernet IPAdress	169.254.168.150	Visible String	rw
5	VAR	Ethernet Subnet	255.255.0.0	Visible String	rw
6	VAR	Ethernet Gateway	169.254.168.1	Visible String	rw
7	VAR	Ethernet Dataport	10001	Unsigned16	rw

Objekt 2200h: Commands

2200	RECORD	Commands			ro

Subindizes

0	VAR	Anzahl Einträge	2	Unsigned8	ro
1	VAR	Command	AVT1	Visible String	rw
2	VAR	Command Response	AVT1OK	Visible String	ro

Mit dem Objekt 2200h können beliebige Befehle an den Controller gesendet werden, z. B. die Mathematikfunktionen, da diese in den CoE-Objekten nicht definiert sind.

Objekt 6020h: Measuring values

6020	RECORD	Measuring values			ro

Subindizes

0	VAR	Anzahl Einträge	15	Unsigned8	ro
3	VAR	Counter	xxxx	Signed32	ro
8	VAR	Channel 1	xxxx	Signed32	ro
9	VAR	Channel 2	xxxx	Signed32	ro
10	VAR	Channel 3	xxxx	Signed32	ro
11	VAR	Channel 4	xxxx	Signed32	ro
12	VAR	Channel 5	xxxx	Signed32	ro
13	VAR	Channel 6	xxxx	Signed32	ro
14	VAR	Channel 7	xxxx	Signed32	ro
15	VAR	Channel 8	xxxx	Signed32	ro

A 5.3 Messdatenformat

Die Messwerte werden als Signed32 übertragen.

Da der Controller eine Auflösung von 24 Bit hat, werden nicht alle 32 Bit benötigt. Somit entspricht 0x0 = 0 % des Messbereichs und 0xFFFFFF = 100 % des Messbereichs.

Der Messbereich kann aus den Channel-Info-Objekten 2020h bis 2027h gelesen werden (Range und Unit). Hier steht auch der minimale und maximale Wert, den der Signed32-Messwert einnehmen kann (Dataformat zero value und Dataformat end value)

A 5.4 EtherCAT-Konfiguration mit dem Beckhoff TwinCAT©-Manager

Als EtherCAT-Master auf dem PC kann z.B. der Beckhoff TwinCAT Manager verwendet werden.

➨ Kopieren Sie die Gerätebeschreibungsdatei (EtherCAT®-Slave-Information) `Micro-Epsilon.xml` von der beiliegenden CD in das Verzeichnis \\TwinCAT\IO\ EtherCAT, bevor das Messgerät über EtherCAT® konfiguriert werden kann.

EtherCAT®-Slave-Informationsdateien sind XML-Dateien, welche die Eigenschaften des Slave-Geräts für den EtherCAT®-Master spezifizieren und Informationen zu den unterstützten Kommunikationsobjekten enthalten.

➨ Starten Sie den TwinCAT-Manager nach dem Kopieren neu.

Suchen eines Gerätes:

➨ Wählen Sie den Reiter `E/A Geräte,` dann `Geräte suchen`.

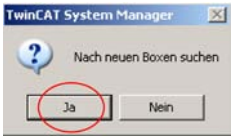
➨ Bestätigen Sie mit `OK`.

➨ Wählen Sie eine Netzwerkkarte aus, an denen nach EtherCAT®–Slaves gesucht werden soll.

2 neue E/A Geräte gefunden
Gerät 1 (RT-Ethernet) [LAN-Domäne (NVIDIA nForce Networking Controller - Paketp
Gerät 2 (EtherCAT) [LAN-lokal (TwinCAT-Intel PCI Ethernet Adapter (Gigabit)]]
OK
Abbruch
Alles wählen
Nichts wählen

➨ Bestätigen Sie mit `OK`.

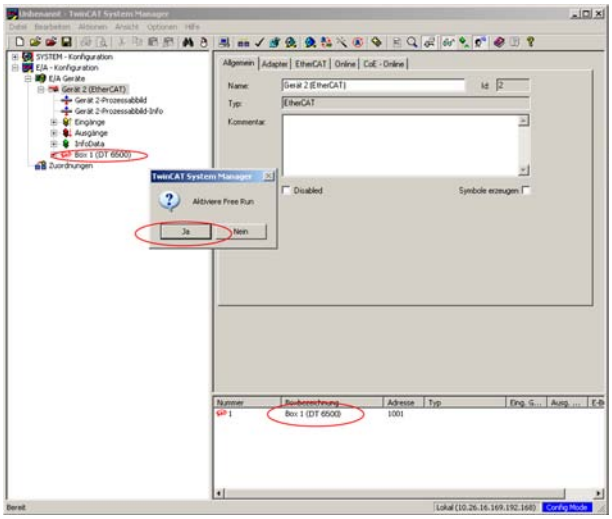
Es erscheint das Fenster `Nach neuen Boxen suchen` (EtherCAT®-Slaves).



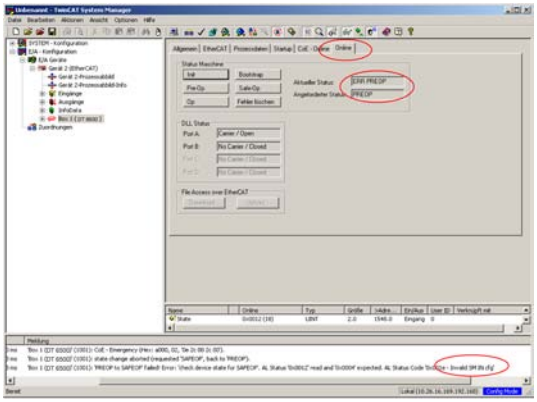
➨ Bestätigen Sie mit `Ja`.

Das DT6530 ist nun in einer Liste aufgeführt.

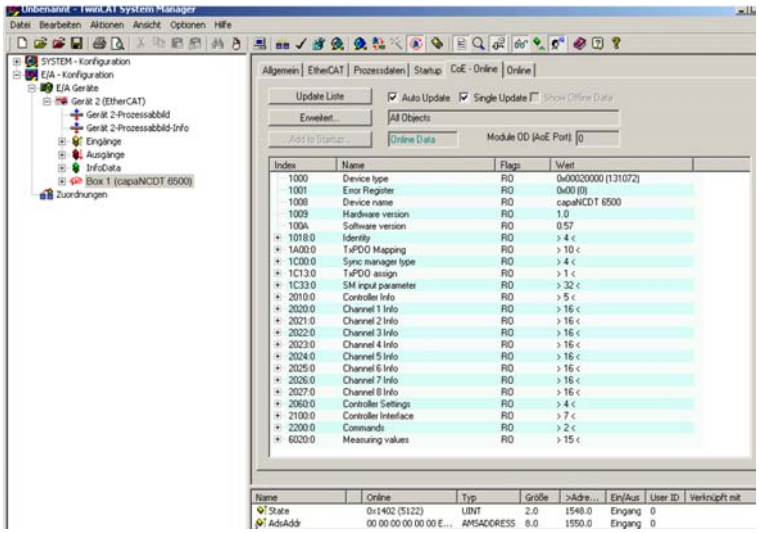
➨ Bestätigen Sie nun das Fenster `Aktiviere Free Run` mit `Ja`.



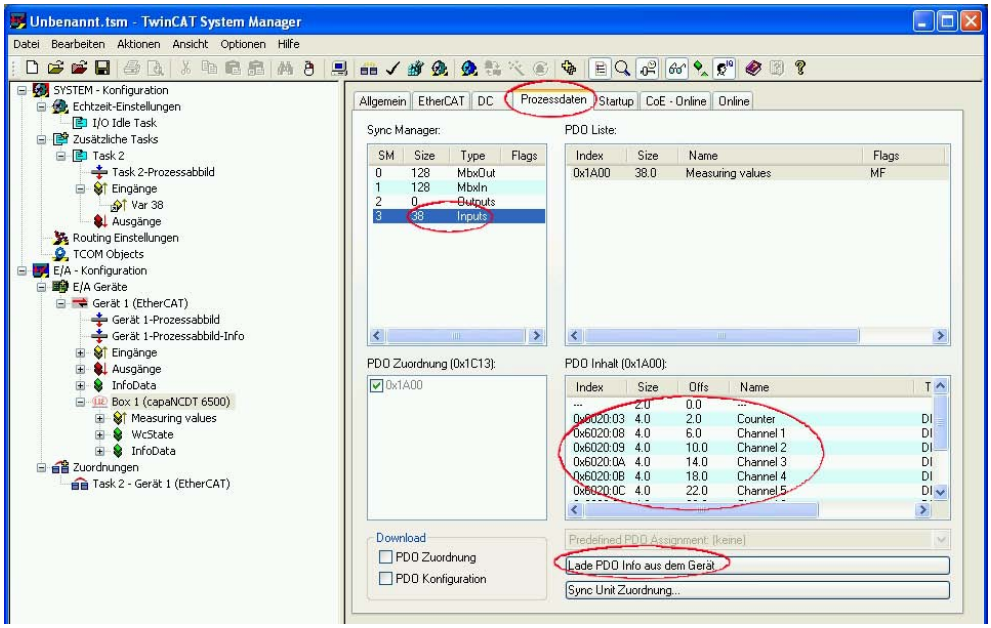
Auf der `Online`-Seite sollte der aktuelle Status mindestens auf `PREOP`, `SAFEOP` oder `OP` stehen.



Beispiel des kompletten Objektverzeichnisses (Änderungen vorbehalten).



Auf der Prozessdaten Seite können die PDO Zuordnungen aus dem Gerät gelesen werden.



Im Status SAFEOP und OP werden die ausgewählten Messwerte als Prozessdaten übertragen.

Name		Online	Typ	Größe	>Adre...	Ein/...	User...
Counter	X	0x00121892 (1185...	DINT	4.0	41.0	Eingang	0
Sensor 1		0x008194CD (8492...	DINT	4.0	45.0	Eingang	0
Sensor 2		0x008194CD (8492...	DINT	4.0	49.0	Eingang	0
Sensor 3		0x00000000 (0)	DINT	4.0	53.0	Eingang	0
Sensor 4		0x00000000 (0)	DINT	4.0	57.0	Eingang	0

A 6 Dickenmessung

A 6.1 Allgemein

Dieses Kapitel beschreibt eine Dickenmessung mit zwei gegenüberliegend montierten Sensoren. Das Display am Controller zeigt die Abstandswerte der einzelnen Sensoren an. Der Abstand beider Sensoren zueinander geht als Basis in die Dickenberechnung mit ein.

Die nun folgende Beschreibung setzt voraus,

- dass die Sensoren angeschlossen sind,
- die Versorgungsspannung am Controller eingeschaltet ist,
- der Controller über Ethernet mit dem Netzwerk (PC) verbunden ist.

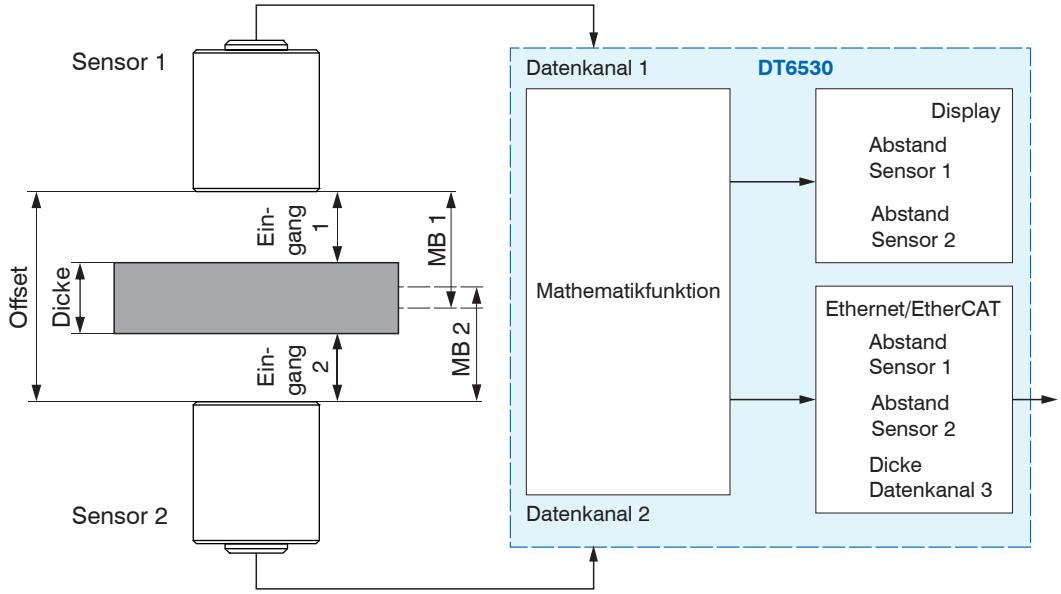
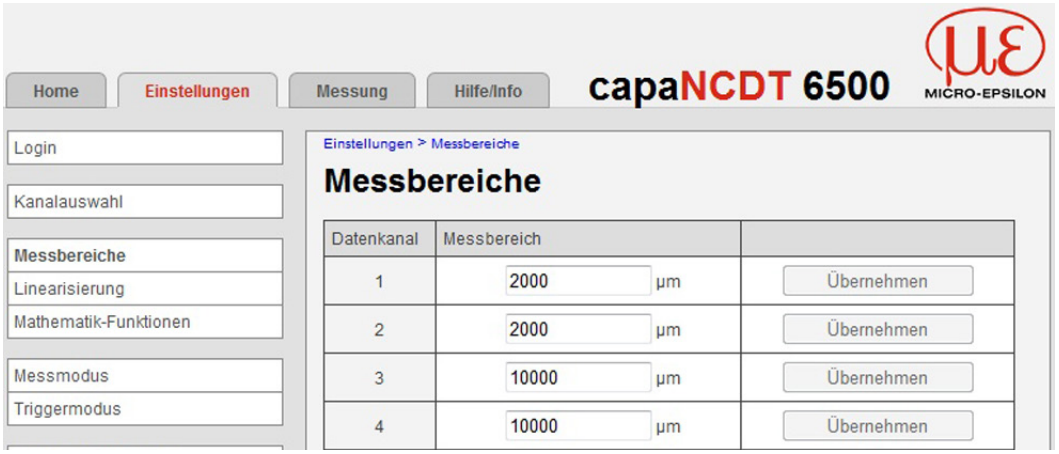


Abb. 49 Messaufbau Dickenmessung

MB 1/2: Messbereich Sensor 1/2

A 6.2 Sensor-Messbereiche definieren

Für eine exakte Dickenberechnung benötigt der Controller die Angabe der einzelnen Sensormessbereiche. Verwenden Sie dazu das Webinterface. In dem nachfolgend besprochenem Beispiel werden zwei Sensoren mit jeweils 2 mm Messbereich eingesetzt.



- Wechseln Sie in das Menü `Einstellungen > Messbereiche`.
- Geben Sie die Messbereiche für Sensor 1 (Datenkanal 1) und Sensor 2 (Datenkanal 2) mit jeweils 2.000 µm an. Bestätigen Sie die Eingabe mit `Übernehmen`.
- Belassen Sie den Messbereich für den Dickenwert (Datenkanal 3) bei 10.000 µm.

Befindet sich auf dem Ausgabekanal kein Einschub, wird der individuell eingestellte Wert beim Systemneustart wieder mit 10.000 überschrieben. Soll die Wortlänge des Datenkanals optimal ausgenutzt und daher ein kleinerer Messbereich eingestellt werden, muss diese Einstellung nach dem Neustart neu gesetzt werden.

Die Messbereiche werden im Controller automatisch miteinander verrechnet, so dass das Ergebnis unabhängig vom Messbereich des Ausgabekanals richtig ausgegeben wird.

A 6.3 Datenformat, Wortlänge

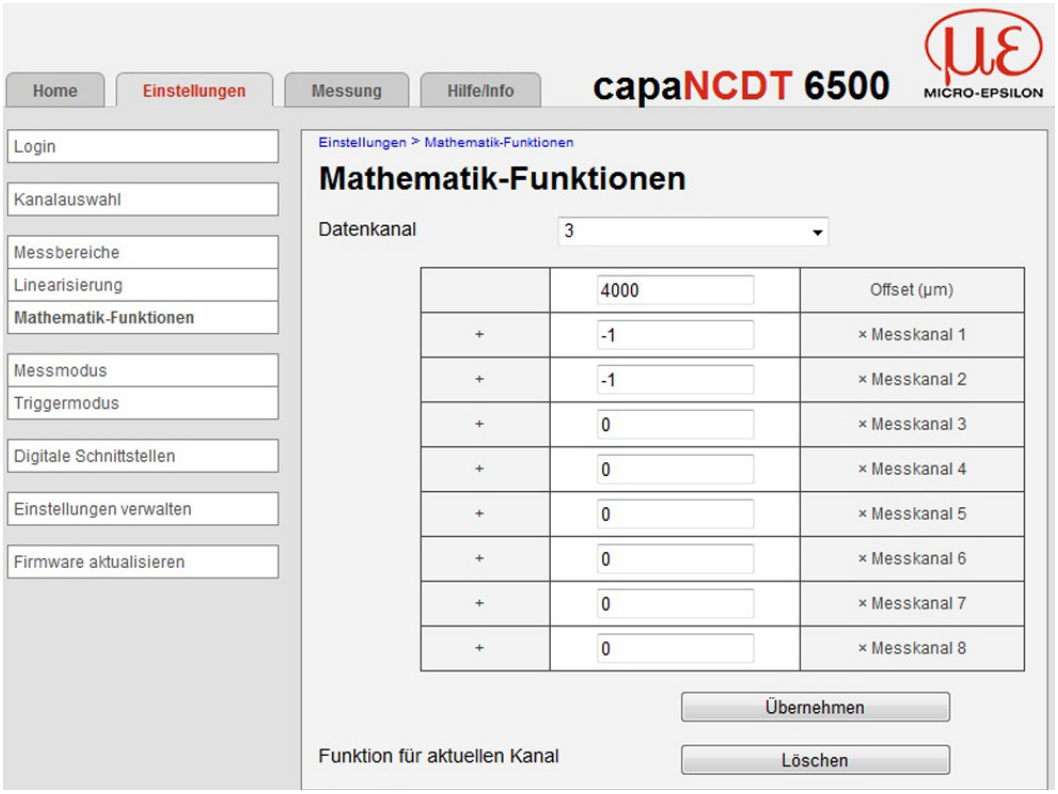
	Ethernet	EtherCAT
Wortlänge	24 Bit	32 Bit
Genutzte Wortlänge	21 Bit; damit auch Messwerte größer 100 % bei Mathematikkanälen ausgegeben werden können.	24 Bit (bei Bedarf bis 32 Bit)
Max. Ausgabebereich	800 % * Messbereich	25.600 % * Messbereich
Beispiel	erwarteter Dickenwert = 4.000 µm min. Messbereich = 500 µm (= 1/8 des max. Erwartungswertes)	erwarteter Dickenwert = 128.000 µm min. Messbereich = 500 µm

Es gibt jedoch trotzdem ein paar Dinge zu beachten:

i Die Messwerte werden nur bei Kanälen abgespeichert, auf denen sich auch ein Demodulatoreinschub befindet. Bei leeren Kanälen wird nach einem Neustart der Messbereich immer auf einen Defaultwert von 10.000 µm gestellt. Das bedeutet, hier sollten Sie keinen anderen Messbereich eingeben, da sonst nach einem Neustart das berechnete Ergebnis falsch skaliert wird.

A 6.4 Mathematikfunktion setzen

➨ Wechseln Sie in das Menü `Einstellungen > Mathematik-Funktionen.`



➨ Wählen Sie den Datenkanal aus, auf dem der Dickenwert ausgegeben werden soll; im Beispiel hier ist dies Datenkanal 3.

➨ Geben Sie den Offset (Abstand beider Sensoren zueinander) an. Hier im Beispiel beträgt der Offset 4.000 µm.

➨ Geben Sie als Faktor für den Messkanal 1/2 den Wert -1 an.

➨ Bestätigen Sie die Eingabe(n) mit `Übernehmen`.

Formel für die Dickenberechnung:

Datenkanal = Offset + Messkanal 1 + Messkanal 2

Das Ergebnis der Mathematikfunktion wird nur über die Ethernetschnittstelle ausgegeben. Es wird nicht am Display des DD6530 angezeigt. Die Ausgabe als analoges Signal ist über die optional erhältliche Analogausgangskarte DO6510 möglich, siehe Kap. 5.2.3 oder EtherCAT und eine entsprechende Ausgangsklemme.

Ändern Sie nicht nachträglich den Messbereich des Ausgabekanals, da sich der eingegebene Offset der Mathematikfunktion auf diesen Messbereich bezieht und dieser nicht automatisch geändert wird. Ansonsten müssen Sie die Mathematikfunktion erneut eingeben.

Falls Sie das Webinterface nicht nutzen, können Sie mit den Ethernetbefehlen arbeiten, z. B. Mathematikfunktion setzen „SMF“, siehe Kap. 6.4.16.

Beachten Sie, dass hier der Offset bezogen auf den Messbereich des Ausgabekanals eingegeben werden muss.

Beispiel: Offset 4.000 µm, Messbereich des Ausgabekanals 10.000 µm. Somit entsprechen 10.000 µm = 0x3FFFFF und der Offset von 4.000 µm = 0x199999

A 6.5 Interpretierung der Messwerte

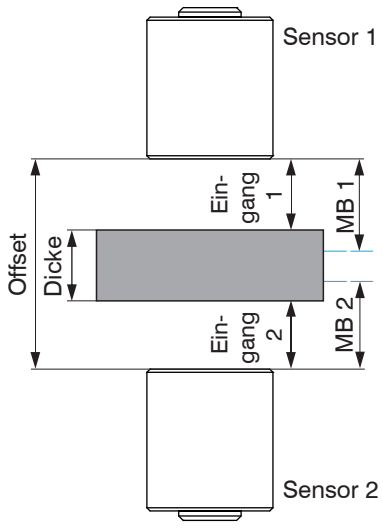
Bei der Ethernetübertragung reduziert sich das Datenformat von 24 Bit auf 21 Bit. 0x3FFFFF entsprechen somit 100 % des Messbereichs (des Ausgabekanals), im Beispiel also 10.000 µm.

Bei der EtherCAT-Übertragung reduziert sich das Datenformat nicht auf 21 Bit. 0xFFFFFF entsprechen somit 100 % des Messbereichs (des Ausgabekanals), im Beispiel also 10.000 µm.

A 6.6 Beispiel

Sensormessbereich zu klein

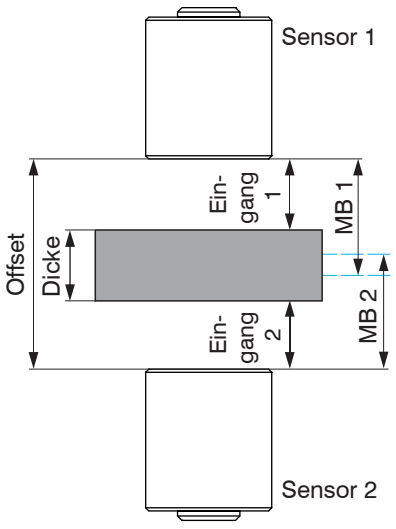
MB 1 + MB 2 < Offset



Abstand der Sensoren zueinander zu groß bzw. bei Messobjektschwingung ist eine Dickenmessung nicht jederzeit möglich.

Messbereichsüberschneidung

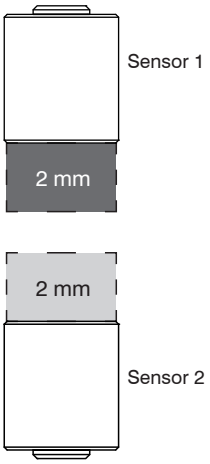
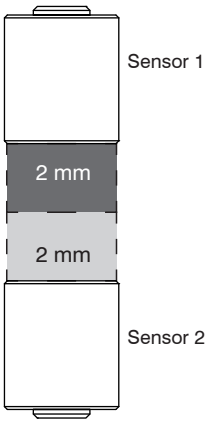
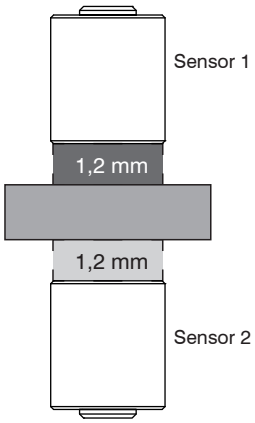
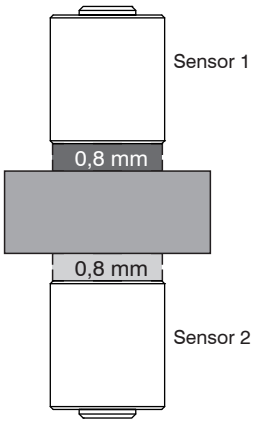
MB 1 + MB 2 > Offset



Dickenmessung auch bei geringer Messobjektschwingung möglich.

MB 1/2: Messbereich Sensor 1/2

Die doppelseitige Dickenmessung kommt ohne aufwendige Messobjektauflage aus. Der wesentliche Vorteil besteht darin, dass Schwingungen des Messobjekts nicht zu einer Messunsicherheit führen, wenn Offset und Messbereiche der Sensoren günstig gewählt sind. Die Lagetoleranz des Messobjekts wird von dem Offset und Messbereich (MB) der Sensoren bestimmt.

				
Offset	5.200 µm	4.000 µm	4.000 µm	4.000 µm
Messbereich Sensoren	2.000 µm	2.000 µm	2.000 µm	2.000 µm
Messobjektdicke	falsch, Abstand zu groß	0 µm (kein Messobjekt)	1.600 µm	2.400 µm

MICRO-EPSILON MESSTECHNIK GmbH & Co. KG
Königbacher Str. 15 · 94496 Ortenburg / Deutschland
Tel. +49 (0) 8542 / 168-0 · Fax +49 (0) 8542 / 168-90
info@micro-epsilon.de · www.micro-epsilon.de

X9750294-A081025HDR

© MICRO-EPSILON MESSTECHNIK